F 1578
66 04

ACADEMIA REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

STUDII ȘI CERCETĂRI DE GEOLOGIE GEOFIZICĂ GEOGRAFIE

GEOFIZICĂ

1

TOMUL 17

1979

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

ACADEMIA REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

Colegiul de redacție

Redactor șef:

ACADEMICIAN SABBA ȘTEFĂNESCU

Redactor șef adjunct:

Prof. LIVIU CONSTANTINESCU, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România

Membri: Prof. IULIAN GAVĂT, membru corespondent al Academiei R.S.R., Prof. RADU BOTEZATU, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, DRAGOMIR ROMANESCU, MARIUS VISARION

Secretar responsabil de redacție: DOREL ZUGRĂVESCU

Toute commande de l'étranger pour les travaux parus aux Editions de l'Académie de la République Socialiste de Roumanie sera adressée à ILEXIM Departamentul Export-Import Presă, P.O. Box 136—137, telex 11226, Bucarest, str. 13 Decembrie, 3

În țară abonamentele se primesc la oficiile poștale, agențiile poștale, factorii poștali și difuzorii de presă din întreprinderi și instituții. Revistele se pot procura (direct sau prin poștă) și prin PUNCTUL DE DESFACERE din cadrul Editurii Academiei.

Manuscrisele, cărțile și revistele pentru schimb, precum și orice altă corespondență, se trimit la Comitetul de redacție al revistei pe adresa: str. Alex. Sahia nr. 19—21, 70.201 București, tel. 12.31.96

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA
71021 București, Calea Victoriei 125, tel. 507680

1979 JUN 2

STUDII ŞI CERCETĂRI
DE
GEOLOGIE
GEOFIZICĂ
GEOGRAFIE

GEOFIZICĂ

TOM 17 1979

SUMAR

I. CORNEA, I. DRĂGOESCU, M. POPESCU, M. VISARION, Harta mişcărilor crustale verticale recente pe teritoriul R.S. România 3

V. I. MÂRZA, A.I. PANTEA, Contribuţii la seismologia exploziilor de derocare 21

C. DEMETRESCU, Valori ale fluxului termic al Pământului în unele unităţi tectonice din R.S.România 35

R. BOTEZATU, C. CALOTĂ, Ipoteză asupra sursei anomaliei magnetice produsă de masivul de roci alcaline de la Ditrău rezultată din aplicarea unui procedeu de analiză spectrală 47

V. BARDAN, Prelucrări de date seismice prin filtrarea numerică 67

M. VISARION, O. MAIER, C. NEDELCU-ION, R. ALEXANDRESCU, Modelul structural al metamorfitelor de la Palazu Mare, rezultat din studiul integrat al datelor geologice, geofizice şi petrofizice 95

Informare asupra celei de a XIII-a reuniuni KAPG 115

I. CORNEA, C. DEMETRESCU, D. VOICULESCU, Cu privire la unele aspecte ale studiului geofizic complex al zonelor seismice din R.P. Chineză . . . 119

Al X-lea simpozion de geofizică aplicată şi fizica Pământului 131

Necrolog IULIAN GAVĂT 153

Necrolog NAE COMAN 157

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 1, P. 1–158, BUCUREŞTI, 1979

HARTA MIŞCĂRILOR CRUSTALE VERTICALE RECENTE PE TERITORIUL R.S. ROMÂNIA

I. CORNEA[1], I. DRĂGOESCU[2], M. POPESCU[1], M. VISARION[3]

INTRODUCERE

Studiul mişcărilor crustale verticale recente se integrează în ansamblul cercetărilor privind dinamica scoarţei. Caracterul său interdisciplinar impune ca o necesitate obiectivă corelarea datelor geodezice, geologice, geofizice şi oceanografice în vederea elucidării problemelor legate de evoluţia în timp a Pământului şi cunoaşterea unor procese actuale, cu scopul premeditat de a previziona modul lor de manifestare. Caracterul de cercetare fundamentală este însoţit de importante implicaţii aplicative. Acestea se referă la tendinţele de mişcare ale scoarţei terestre şi conexiunea lor cu seismele. Cutremurele puternice care au avut loc în ultimii ani, asemănătoare cu cel din 4 martie 1977 din ţara noastră, demonstrează necesitatea cunoaşterii acestor mişcări, în contextul mai general al problemei complexe privind predicţia seismelor.

În ultimele trei decenii, studiul mişcărilor crustale verticale recente prin metoda geodezică a căpătat o amploare deosebită înscriindu-se în preocupările Uniunii Internaţionale de geodezie şi geofizică (U.G.G.I.). Ca rezultat al activităţii coordonate a statelor afiliate au fost editate hărţi naţionale sau multinaţionale referitoare la aceste mişcări. În ultimul caz se menţionează elaborarea hărţii pentru Europa estică, rezultat al activităţii desfăşurate în cadrul Comisiei Academiilor de Ştiinţă din ţările socialiste pentru geofizică planetară (K.A.P.G.) şi Comisiei pentru mişcările crustale recente (C.R.C.M.) a Asociaţiei Internaţionale de Geodezie (A.I.G.) din U.G.G.I.

În ţara noastră, încă de la începutul sec. XX, au fost întreprinse studii asupra mişcărilor crustale pe baza datelor geomorfologice şi hidrogeografice existente. În ultimele trei decenii, geologii şi geofizicienii români au adus o importantă contribuţie în acest domeniu prin studii, publicaţii sau întocmirea de hărţi pe baza sintezei datelor geologice, hidrogeografice şi geofizice.

În anul 1968, ca urmare a diversificării cercetărilor din domeniul ştiinţelor pământului, fostul Institut de geofizică aplicată (în prezent Institutul de geologie şi geofizică), a înscris în preocupările sale şi studiul mişcărilor crustale verticale recente. Cercetările efectuate s-au concretizat în elaborarea unei hărţi preliminare [4] şi ulterior a unei hărţi bazată pe

[1] CFPS — Măgurele, sectorul 6, Căsuţa poştală 5206.
[2] IGFCOT — Bucureşti, sectorul 1. cod poştal 78334.
[3] IGG — Bucureşti, str. Caransebeş nr. 1. sectorul 8.
[4] Drăgoescu I. (1972) Arh. IGG. Bucureşti.

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ ,TOM 17 ,NR. 1, P. 3–20, BUCUREŞTI, 1979

reţeaua compensată a datelor geodezice existente [5]. Obţinerea de noi date geodezice în Dobrogea, a permis completarea reţelei de nivelment repetat şi implicit îmbunătăţirea imaginii mişcărilor crustale verticale recente, concretizată în hărţile întocmite în 1975 şi 1977.

DATELE PRIMARE

Datele primare avute la dispoziţie, cu un pronunţat caracter eterogen, determinat de activitatea geodezică şi particularităţile ei în diferite etape, au necesitat un volum însemnat de lucrări de prelucrare şi selecţie, care să asigure în final redactarea unei hărţi a mişcărilor verticale recente, corespunzătoare exigenţelor actuale.

Nivelul de referinţă

Măsurătorile de nivelment, executate pînă în prezent pe teritoriul R. S. România, au avut diferite nivele de referinţă.

Primele măsurători, executate în secolul trecut în Banat, Transilvania şi Bucovina, au avut valorile altimetrice calculate faţă de punctul „0" normal din oraşul Triest şi planul de referinţă nivelul mediu al Mării Adriatice determinat cu ajutorul staţiei litorale din punctul Sartorio.

Măsurătorile pentru amenajarea gurilor Dunării, începute în 1850, au fost raportate la nivelul Mării Negre, determinat din citirile pe o mină hidrometrică situată în apropierea farului central din portul Sulina.

În 1895 a fost instalat un medimaremetru în portul Constanţa, lîngă Farul Genovez. Din înregistrările unei perioade de timp scurte (1896—1903) s-a calculat punctul de altitudine „zero" pentru reţeaua de nivelment general.

În anul 1910 s-a instalat un medimaremetru în portul Constanţa, care a funcţionat pînă în anul 1916 cînd a fost distrus în timpul primului război mondial. Înregistrările sale nu au fost găsite.

În perioada 1916—1932, s-au executat observaţii pe o mină hidrometrică din lemn, dar înregistrările s-au pierdut în timpul celui de-al doilea război mondial.

La finele anului 1932 au început observaţii mai sistematice asupra nivelului mării, prin instalarea unui maregraf tip OTT în portul Constanţa, care funcţionează şi în prezent.

Cu ocazia compensării reţelei de nivelment, executată în perioada 1960—1972, a fost calculat nivelul mediu al Mării Negre în punctul Constanţa la epoca 1975. În anul 1976 a fost realizat un studiu asupra variaţiei nivelului mării, pe baza înregistrărilor, din perioada 1933—1975, cu referiri şi asupra mişcărilor locale în zona maregrafului din Constanţa [6].

Ca urmare a iniţiativei de extindere a studiului nivelului mării, în anii 1974, 1975, au fost instalate două noi maregrafe în zona Farului Genovez din Constanţa şi respectiv în portul Mangalia.

Un al treilea nivel de referinţă, adoptat în perioada 1954—1974, a fost cel al Mării Baltice în punctul Kronstadt.

---

[5] Drăgoescu I. Popescu M. (1973, 1975) Arh. IGG. Bucureşti.
[6] Drăghici M. et. al (1976), Arh. IGFCOT, Bucureşti.

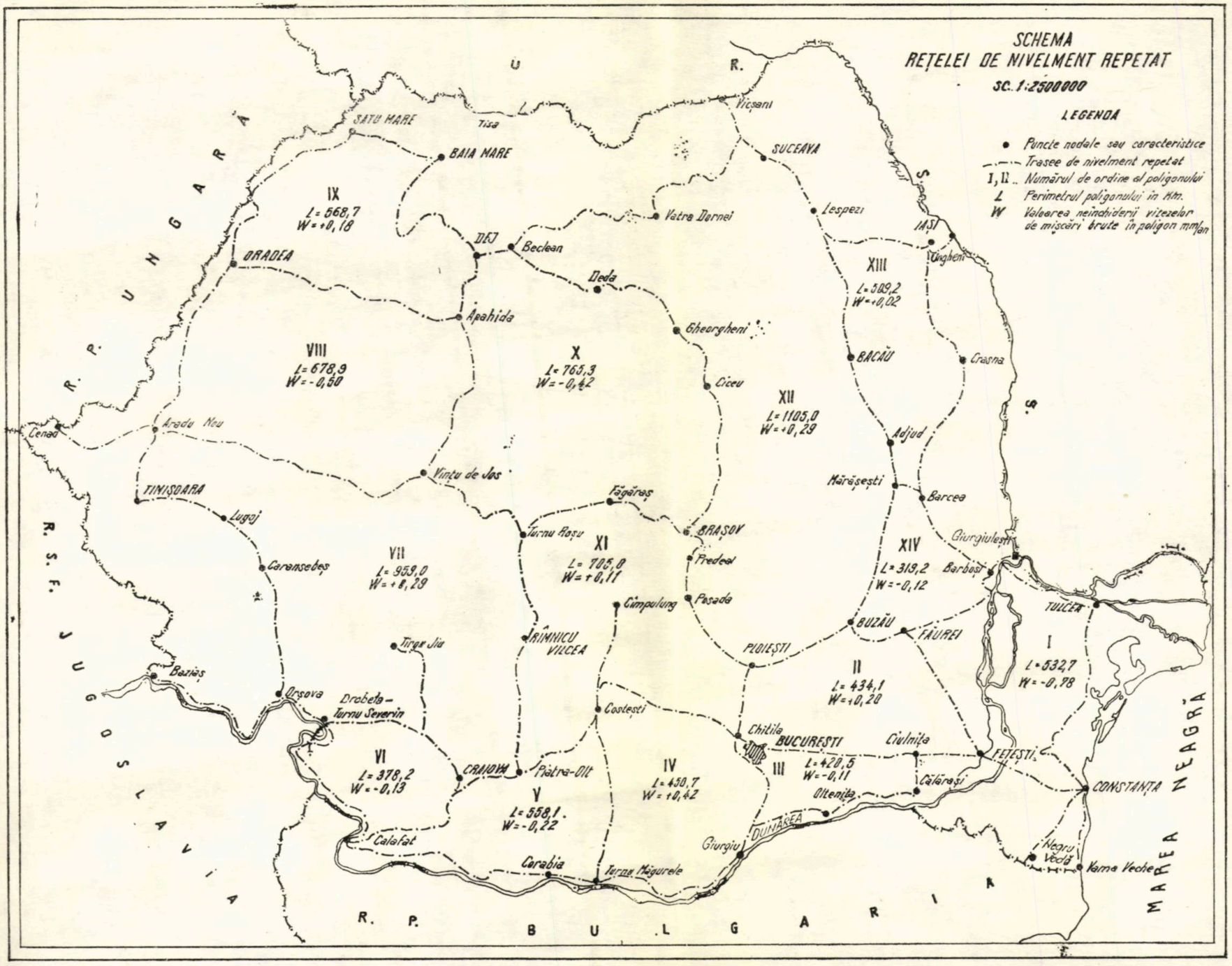


Fig. 1. —Schema rețelei de nivelment repetat

Reţele de nivelment de ordin superior

Măsurătorile de nivelment de ordin superior, pe teritoriul R.S. România, începute în a doua jumătate a secolului trecut s-au desfăşurat în mai multe etape. Ele s-au realizat în mod diferenţiat corespunzător cerinţelor, aparaturii şi forţelor existente, proprii fiecărei perioade.

Nivelmentul vechi

Primele măsurători de nivelment geometric de ordinul I au fost executate în Banat, Transilvania şi Bucovina, în perioada 1881—1896 de către Institutul geografic militar de la Viena. Reţeaua liniilor de nivelment cuprindea şi linii de pe teritoriul Jugoslaviei şi Ungariei. Lungimea totală a reţelei a fost de 2 901 km.

Marcarea în teren s-a efectuat prin aproximativ 1 800 reperi plantaţi la intervale de circa 1,5 km., constituiţi din plăci de fontă încastrate în pereţii de zid sau piatră ai clădirilor şi blocuri de granit îngropate parţial în pământ.

Observaţiile s-au efectuat în 2 sensuri cu o eroare probabilă accidentală de $\pm$ 0,9 mm/km. Reţeaua corectată ortometric a fost compensată provizoriu în 1899, avînd altitudinile raportate la nivelul mediu al Mării Adriatice.

În 1932, o parte a acestei reţele — aflată în interiorul graniţelor de după primul război mondial şi formată din 8 poligoane închise — a fost compensată riguros, altitudinile fiind însă raportate la nivelul mediu al Mării Negre în punctul fundamental provizoriu Constanţa. Precizia, calculată prin formulele lui Rune, a fost de $\pm$ 1,157 mm/km.

Măsurătorile de nivelment de ordinul I necesare reţelei naţionale s-au desfăşurat într-o perioadă îndelungată de timp care poate fi împărţită în 3 etape distincte: 1895—1913; 1919—1941 şi 1949—1960.

Reţeaua executată în primele 2 etape se compune din poligoane închise şi linii suspendate însumînd aproximativ 5 000 km. Marcarea în teren s-a efectuat cu reperi de perete din fontă situaţi la distanţe de 1—2 km. Detalii referitoare la aceste măsurători sînt date în tabelele 1 şi 2.

Compensarea riguroasă din 1933 a părţii din reţea care acoperă teritoriile Olteniei şi Munteniei, după aplicarea corecţiei ortometrice, a pus în evidenţă o eroare medie accidentală de $\pm$ 0,951 mm/km. Pentru calculul preciziei au fost folosite formulele lui Lallemand şi Rune, iar altitudinile au fost raportate la nivelul mediu al Mării Negre în punctul Constanţa. Racordarea cu reţeaua din Transilvania, Banat şi Bucovina s-a făcut prin intermediul punctelor Predeal şi Veştem.

În etapa 1949—1960, la reţeaua de ordinul I existentă, s-au adăugat linii de ordinul II, III şi IV. După anul 1950, în observaţii s-au întrebuinţat aparate cu caracteristici superioare (Zeiss, Ni A_1) şi mire cu bandă de invar.

Din cele expuse rezultă perioada apreciabilă (1881—1960) în care a fost realizat nivelmentul vechi. Implicit, aparatura, metodele adoptate şi precizia au fost diferite.

Nivelmentul recent

Reţeaua de ordinul I a nivelmentului recent a fost realizată în perioada 1960—1972 şi prezintă caracteristici la nivelul cerinţelor actuale.

Tabelul 1

Detalii privind măsurătorile de nivelment repetat folosite

	Ordinul de precizie	Felul nivelmentului	Zona	Perioada de măsurare anul	Toleranța pe interval dus-întors	Metoda de observație folosită	Distanța maximă de vizare (m)	Tipul aparatului folosit în observații	Tipul de reperi comparați
Nivelment vechi	I	Austro-ungar	Transilvania Banat	1885—1896	3 mm$\sqrt{L/km}$	Metoda celor 3 fire Varianta I Măsurători dus-întors pe un singur rînd de suporți	50	Berthelemy Mire semicentimetrice din lemn	Metalici de perete
			Dobrogea Muntenia Oltenia Moldova	1885—1899 1906—1916 1929—1939	3 mm$\sqrt{L/km}$	—„—	50	—„—	—„—
	II	Românesc	Întreg teritoriul	1941—1956	6mm$\sqrt{L/km}$	Metoda coincidenței și a celor 3 fire Varianta I Măsurători dus-întors pe un singur rînd de suporți	75	Berthelemy Zeiss Ni A_1 Mire invar semicentimetrice din 1958	—„—
Nivelmentul recent	I		Întreg teritoriul	1960—1971	3 mm$\sqrt{L/km}$	Metoda coincidenței Măsurători dus-întors pe două rînduri de suporți	50	Zeiss, Ni A_1 Zeiss Ni 005 Wild N_3 Kony 007 Mire invar	Metalici de perete și din beton subterani
	II		Transilvania Oltenia	1954—1965	5 mm$\sqrt{L/km}$	Metoda coincidenței Măsurători dus-întors pe un singur rînd de suporți	75	—„—	—„—

Tabelul 2

Precizia nivelmentelor repetate şi a reţelei cu vitezele de mişcare

	Eroarea medie mm/km	Relaţii matematice folosite în calcul	Valori obţinute											
			Nivelmentul vechi						Nivelmentul recent					
			Minime		Maxime		Medii		Minime		Maxime		Medii	
			Ord. I	Ord. II	Ord. I	Ord. II	Ord. I	Ord. II	Ord. I	Ord. II	Ord. I	Ord. II	Ord. I	Ord. II
Pe linii	De măsurare	$m = \pm \frac{1}{2}\sqrt{\left[\frac{\rho^2}{R}\right] \cdot \frac{1}{n_R}}$	0,35	0,71	1,23	1,45	0,99	1,00	0,22	1,18	0,96	1,26	0,71	1,22
	Sistematică	$\sigma = \frac{\mu}{2L}$	0,01	0,02	0,22	0,26	0,12	0,12	0,01	0,06	0,22	0,32	0,09	0,18
In poligoane închise	Accidentală	$m_1 = \pm \frac{1}{2}\sqrt{\left[\frac{\rho^2}{R}\right] \cdot \frac{1}{n_R}}$	±1,03						±0,75					
	Sistematică	$\sigma = \pm \frac{1}{2}\sqrt{\left[\frac{\lambda^2}{L}\right] \cdot \frac{1}{n_L}}$	±0,11						±0,08					
În reţea	Accidentală	$\eta = \pm \frac{1}{2}\sqrt{\left[\frac{\rho^2}{L}\right] - \left[\frac{R^2}{L^2}\right] \cdot \left[\frac{\mu^2}{L'}\right]}$	±1,06						±0,77					
	Sistematică	$\sigma_\mu = \pm \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{[L]} \cdot \left[\frac{\mu^2}{L'}\right]}$	±0,13						±0,05					
	După compensarea reţelei cu viteze	$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{n - m}}$	±0,715											

R = distanţa între reperii alăturaţi (km)
L = lungimea unei linii (km)
n_R = numărul de intervale de pe o linie
ρ = discordanţa dintre dus-întors (mm)
μ = discordanţa sistematică între dus-întors (mm)
L' = 50 km

λ = $[\rho]$ P = ponderea
V = corecţii din compensare
n = numărul necunoscutelor în reţeaua de compensare
m = numărul ecuaţiilor de condiţie

Ea cuprinde 14 poligoane, segmentate cu linii de ordinul II şi legături cu reţelele din ţările vecine. Lungimea totală a liniilor de ordinul I este de circa 5 800 km., perimetrul poligoanelor fiind de 320—850 km.

Reţeaua se prezintă sub forma a două inele, din care unul în interiorul Depresiunii Transilvaniei şi altul la exteriorul Carpaţilor şi Munţilor Apuseni. Legătura celor două inele este asigurată de linii care străbat lanţul muntos, prin văile principalelor cursuri de apă. Reţeaua este completată în partea de sud a teritoriului printr-o linie de-a lungul Dunării. Estul Dobrogei este străbătut de la nord la sud de linia Tulcea—Constanţa—Mangalia —Vama Veche, iar partea centrală, spre vest şi sud, de liniile Constanţa—Feteşti şi Constanţa—Negru Vodă. Acoperirea teritoriului ţării cu nivelment de ordin superior pînă la graniţă este realizată prin linii de ordinul II.

Legăturile cu reţelele similare ale ţărilor vecine s-au executat în punctele de frontieră; Giurgiuleşti Prut, Ungheni, Vicşani, cu U.R.S.S.; Vama Veche, Negru Vodă, Călăraşi, Giurgiu, Turnu Măgurele, Calafat, cu R.P. Bulgaria; şi Cenad, Grăniceri, Borş, Valea lui Mihai, Oari, cu R.P. Ungară.

Pentru marcarea în teren a reţelei de nivelment au fost folosiţi reperi subterani din beton armat de diferite tipuri şi reperi sau mărci de fontă încastraţi în construcţii, la distanţe de 1—2 km. Urmărirea evoluţiei în timp a stabilităţii reperilor din beton armat a pus în evidenţă efectul fenomenului de tasare asupra celor amplasaţi în formaţiuni geologice tinere sau în zone cu exces periodic de umiditate. Detalii suplimentare sînt redate în tabelele 1 şi 2.

Compensarea riguroasă a fost precedată de studiul asupra calităţii reţelei. S-au folosit formulele Vignal, rezultatele fiind comparate cu cele obţinute prin formulele Lallemand, Rune şi Svonov. Diferenţa între corecţiile obţinute prin cele două metode de compensare folosite — metoda măsurătorilor condiţionate şi metoda măsurătorilor indirecte — a fost de 0,002 mm [7].

Eroarea medie pătratică a diferenţelor de nivel compensate nu depăşeşte $\pm$ 0,67 mm iar eroarea medie pătratică a celor mai probabile altitudini este inferioară valorii $\pm$ 0,98 mm. Eroarea medie pătratică pentru 1 km de drumuire este de $\pm$ 1,86 mm.

Altitudinile calculate au avut ca punct de referinţă nivelul mediu al Mării Negre în punctul Constanţa, la epoca 1975.

DETERMINAREA VITEZELOR MIŞCĂRILOR VERTICALE

Analiza complexă a materialului primar existent a permis stabilirea reţelei de nivelment repetat, adoptarea variantei pentru determinarea vitezei mişcărilor recente ale scoarţei şi alegerea adecvată a punctului origine cu o viteză de mişcare absolută cunoscută.

Reţeaua de nivelment repetat

La baza determinării mişcărilor scoarţei la scară regională a stat reţeaua de nivelment repetat. În selectarea liniilor s-a urmărit ca ele să formeze poligoane închise, principalele criterii fiind precizia de determinare

[7] Dinu N., Popescu I (1974), Arh. DTM. Bucureşti.

a diferenţelor de nivel şi numărul cît mai mare al reperilor ce puteau fi comparaţi.

Alcătuirea geologică complexă a teritoriului ţării noastre, configuraţia reţelei de nivelment repetat şi caracteristicile acesteia, au creat dificultăţi în stabilirea cu fidelitate a mişcărilor verticale ale scoarţei în unele zone.

Numărul foarte mic de reperi existenţi şi intervalul mare de timp între măsurători nu au permis folosirea datelor nivelmentului austro-ungar. Prin excepţie, linia Braşov — Posada (66 km) a fost luată în considerare pentru închiderea poligoanelor din partea centrală a ţării.

În alte situaţii au trebuit să fie folosite şi linii de nivelment de ordinul II sau linii de ordinul I cu un interval de timp redus între măsurătorile repetate.

Calculul preciziei liniilor reţelei de nivelment repetat pentru ambele măsurători s-a efectuat pe baza formulelor adoptate la Conferinţa serviciilor geodezice din ţările socialiste (Praga, 1973). Aspectul şi caracteristicile reţelei de nivelment repetat folosită în calcul sînt arătate în tabelele 1, 2, 3.

Tabelul 3

a. *Aspectul reţelei*

Traverse	Nivelment recent		Nivelment vechi			
			Românesc		Austriac	
	Nr.	Lungime km.	Nr.	Lungime km.	Nr.	Lungime km.
În poligoane închise	63	5445	61	5379	2	66
Suspendate	9	545	9	545	—	—
Total	72	5990	70	5924	2	66

b. *Intervalul de timp între măsurătorile repetate*

Ani	6—11	12—17	19—42	49—67	76
Lungimea km.	1060	1836	1015	2013	66
Procent % reţea	17,7	30,6	17,0	33,6	1,1

c. *Lungimea perimetrelor poligoanelor închise (km)*

Minimă = 319,2 Maximă = 1105,0 Medie = 598,9

Lungimea km.	300—400	401—600	601—800	801—1000	1105	Total
Nr.	2	7	3	1	1	14

d. *Discontinuităţi în poligoane: nu există*

e. *Valoarea neînchiderilor poligoanelor cu viteza de mişcare (mm/an)*

Minimă = +0,02 Maximă = −0,78 Medie = ±0,27

Neînchidere mm/an	0—±10	±11—±20	±21—±30	±31—±40	±41—±50	±51—±60	±78
Nr.	1	6	3	—	3	—	1
Procent % reţea	7	42	22	—	22	—	7

f. Felul şi numărul reperilor de nivelment folosiţi în calcul : metalici-de perete, din beton-subterani

Reperi româneşti				Reperi austro-ungari			
În poligoane		Linii suspendate		În poligoane		Linii suspendate	
Existenţi	În calcul	Existenţi	În calcul	Existenţi	În calcul	Existenţi	În calcul
1236	100%	201	194	15	10	—	—

Punctul origine

Lipsa unor date certe cu privire la variaţia nivelului mediu al Mării Negre şi inexistenţa unui punct cu viteză de mişcare absolută — situat pe litoralul românesc — a impus alegerea unui punct cu viteză de mişcare cunoscută situat în imediata vecinătate a graniţei. În această situaţie, ca punct de origine a fost selectat reperul de la Giurgiuleşti-Prut, a cărui viteză de mişcare absolută (V_0) a fost considerată $V_0 = -0{,}2$ mm/an, egală cu cea a punctului Reni aflat la 12 km pe teritoriul URSS. Adoptarea acestei soluţii a fost determinată de faptul că poziţia punctului Reni este relativ apropiată de maregrafele sovietice de la Chilia Veche, Belgorod şi Odesa, cu viteze absolute stabilite cu ocazia elaborării hărţii mişcărilor crustale verticale recente în Europa de Est. Aceste viteze au fost determinate pe baza înregistrărilor de nivel la 149 staţii litorale, din care 132 sînt amplasate pe coastele a 6 mări (Barenţ, Albă, Baltică, Neagră, Azov, Caspică) iar 17 staţii pe malul marilor lacuri. Dintre acestea, au fost considerate ca puncte iniţiale cu viteză de mişcare cunoscută 31 staţii, faţă de care au fost calculate celelalte viteze din reţea. Eroarea de determinare a vitezelor de mişcare din punctele iniţiale nu depăşeşte $\pm$ 0,3 mm/an.

Calculul vitezelor

Rezultatele analizei calitative şi cantitative a reţelei de nivelment repetat au determinat folosirea uneia din variantele metodei geodezice pentru calculul vitezelor de mişcare „metoda reţelelor geokinetice" controlată şi prin metoda gradienţilor.

În cadrul metodei reţelelor geokinetice, pentru calculul vitezelor relative de mişcare, s-au folosit ecarturile între diferenţele de nivel brute — fără corecţia ortometrică sau cea de cotă normală — iar reţeaua a fost considerată iniţial, independentă. Ca urmare, la calculul neînchiderilor poligoanelor reţelei, s-au obţinut valori mai mari şi aparent o precizie mai scăzută a vitezelor relative de mişcare.

Precizia de determinare a diferenţelor de viteză ($m_{\Delta h}$), pentru fiecare din liniile de nivelment repetat, s-a calculat cu ajutorul relaţiei

$$m_{\Delta h} = \pm \sqrt{L(m_1^2 + m_2^2)}$$

în care L — lungimea liniei în km şi m_1, m_2 — erorile medii de măsurare corespunzătoare celor două nivelmente.

Compensarea reţelei s-a efectuat prin metoda măsurătorilor condiţionate. Valorile termenilor liberi ai ecuaţiilor de condiţie s-au situat între + 0,02 mm/an şi — 0,78 mm/an, media fiind de $\pm$ 0,27 mm/an. Ponderile au fost calculate pe baza relaţiei

$$\frac{1}{P} = \frac{m^2_{\Delta h}}{\Delta t^2}$$

Variația apreciabilă a intervalului de timp intre măsurătorile repetate (Δt ani) în rețea, a influențat asupra mărimii coeficientului de pondere al ecuațiilor de condiție. Compensarea rețelei s-a realizat automat la un calculator tip I. B.M. 360, pe baza unui program scris în limbaj Fortran IV.

Valorile absolute ale vitezei de mișcare s-au obținut prin legarea rețelei compensate la punctul Giurgiulești cu ajutorul liniei suspendate Barboși — Giurgiulești.

ELABORAREA HĂRȚII

Pe baza valorilor calculate în punctele rețelei de nivelment repetat s-a redactat harta preliminară a mișcărilor verticale recente la scara 1 : 1 000 000, prin izolinii trasate la echidistanța de 1 mm/an. Evidențierea mișcărilor cu amplitudini reduse, s-a realizat prin izolinii secundare trasate la 0,5 mm/an.

Comparația directă a rezultatelor obținute cu informațiile geologice și geofizice existente a permis definitivarea imaginii variației vitezelor de mișcare la scară națională. În situațiile în care s-au constatat discordanțe între aspectul mișcărilor obținut prin metoda geodezică față de datele geologice, geofizice sau hidrografice, configurația izoliniilor nu a fost modificată. Elementelor geodezice și de mișcare conținute în hartă le-au fost adăugate prin linii, hașuri sau semne, principalele elemente tectonice, seismologice și hidrografice.

Harta întocmită se racordează satisfăcător cu hărțile similare ale țărilor vecine, deși există diversitate în ceea ce privește punctele de referință, configurația rețelelor, metodele de compensare etc. Sînt situații însă în care neconcordanțele vitezelor la graniță depășesc 1 mm/an. Astfel, în partea de nord a Carpaților Orientali, vitezele pozitive sînt superioare celor de pe teritoriul URSS, iar în partea sudică a Dobrogei apar mișcări pozitive, spre deosebire de cele negative înregistrate pe teritoriul R. P. Bulgaria. Măsurătorile viitoare precum și adoptarea unei metodologii unice de prelucrare a materialului primar vor permite elucidarea surselor acestor neconcordanțe.

Din aspectul prezentat de „Harta mișcărilor crustale verticale recente pe teritoriul R.S. România" (anexa 1) se desprind cîteva concluzii generale cu privire la distribuția teritorială a mișcărilor verticale regionale.

Principala caracteristică constă în tendința de ridicare a lanțului carpatic. La nord de valea Trotușului vitezele ating valori maxime (+ 6 mm /an) iar aria de ridicare acoperă nu numai unitățile structurale ale Carpaților Orientali ci și marginea vestică a Platformei est-europene. Partea situată la sud de rîul Trotuș prezintă un regim diferit avînd o viteză de ridicare mai mică (+ 2 mm/an).

În zona de curbură, Depresiunea Odobești — Focșani apare afectată de mișcări de coborîre, însă mai puțin intense decît cele sugerate de cercetările geologice și geofizice. Datele geodezice sînt din nefericire insuficiente tocmai în acest sector cu o intensă activitate seismică.

Un aspect particular îl prezintă zona văii superioare a rîului Olt (N Brașov — S Miercurea Ciuc) în care sînt evidențiate mișcări de subsidență mai accentuate față de cele indicate de harta neotectonică. Diferența ar putea fi cauzată de intervalul de timp mic dintre măsurătorile repetate.

Carpaţii Meridionali manifestă o tendinţă evidentă de ridicare, care se accentuează la vest de valea rîului Olt, pînă la valori de + 3,5 mm/an în Munţii Banatului.

Aria Munţilor Apuseni prezintă o mişcare ascensională cu amplitudine mai redusă (+ 1,5 mm/an).

În interiorul arcului carpatic, Depresiunea Transilvaniei apare ca o zonă cvasistaţionară.

Partea vestică a ţării, corespunzătoare Depresiunii Panonice, este caracterizată printr-o mişcare de subsidenţă continuă, a cărei intensitate creşte de la est către vest, depăşind valoarea — 2,5 mm/an în zona localităţii Cenad.

Regiunea sudică a R.S. România poate fi delimitată, aproximativ în două sectoare distincte, de o linie orientată N—S pe direcţia localităţilor Cîmpulung, Piteşti şi Turnu Măgurele. Sectorul vestic apare afectat de mişcări ascensionale care se accentuează de la S către N şi de la E către V. Sectorul estic prezintă o stabilitate relativă cuprinzînd în centrul său o zonă de afundare de — 0.5 mm/an. Atît la sud de linia Bucureşti — Ciulniţa cît şi la nord de limita Piteşti nord — Ploieşti — Făurei, sînt puse în evidenţă mişcări de ridicare cu intensitate mică (+ 1,0 mm/an).

Teritoriul Dobrogei prezintă o uşoară mişcare de ridicare, cu excepţia zonei litorale unde apar mişcări de subsidenţă mai accentuate la S de Constanţa (— 1,8 mm/an). Zona Deltei Dunării şi a lacurilor de la N de Constanţa prezintă aspecte clare de afundare, însă lipsa măsurătorilor geodezice nu a permis stabilirea cantitativă a vitezelor de mişcare. Partea sudică a Dobrogei, în zona localităţii Negru Vodă, este caracterizată de mişcări ascensionale mai pronunţate (+2.0 mm/an).

CORELAŢIA REZULTATELOR OBŢINUTE PRIN METODA GEODEZICĂ CU CELE FURNIZATE DE CERCETĂRILE GEOMORFOLOGICE, GEOLOGICE ŞI SEISMOLOGICE

Configuraţia geologică şi geomorfologică a teritoriului şi corelarea ei cu distribuţia mişcărilor crustale verticale recente

Configuraţia geologică şi geomorfologică regională a ţării noastre prezintă o corespondenţă remarcabilă cu zonarea mişcărilor crustale verticale recente. În ansamblu regiunile depresionare, acoperite cu depozite tinere şi foarte recente, corespund zonelor cu mişcări descensionale mai mult sau mai puţin accentuate. Regiunile unde relieful pozitiv predomină şi afloreză formaţiuni cristaline sau sedimentare vechi se suprapun peste zonele cu viteze de mişcare de ridicare ale scoarţei terestre. Din prima categorie fac parte Cîmpia Dunării, Depresiunea Panonică, Depresiunea Bîrladului şi depresiunile intramontane a Ciucului inferior şi Ţara Bîrsei. În cea de-a doua se încadrează Carpaţii Orientali şi Meridionali, Munţii Apuseni şi zonele colinare din nordul Moldovei, vestul Munteniei şi Oltenia.

În această imagine generală, Depresiunea Transilvaniei şi Dobrogea apar ca zone cu stabilitate relativă; o analiză comparativă a datelor actuale sugerează totuşi unele corelaţii cu datele geologice şi geofizice.

Comparaţia directă a hărţii mişcărilor crustale verticale recente cu hărţile geologice şi geomorfologice semnalează totuşi şi unele neconcordanţe care urmează a fi elucidate. Astfel, marginea vestică a Platformei moldo-

venești apare ca o zonă de ridicare legată inseparabil de Carpații Orientali, iar depresiunile Gheorghienilor și Ciucului corespund de asemenea unor zone de ridicare, deși sînt umplute cu depozite neogene tinere și cuaternare. Lanțul eruptiv neogen nu se individualizează de restul zonei cu mișcare ascendentă care cuprinde toată aria Carpaților Orientali.

Este de subliniat corespondența între unitățile geologice care prezintă la zi depozite tinere și zonele din harta mișcărilor crustale veriticale recente delimitate de izolinii cu valori negative. O asemenea corelație se realizează în Depresiunea Panonică.

În partea sudică a țării corespondența este satisfăcătoare, unitățile cu depozite cuaternare fiind conturate de izolinii ale căror valori ajung pînă la zero. O imagine deosebită apare în partea de SE a Cîmpiei precum și în SV Dobrogei, atestînd apartenența lor la ridicarea nord Bulgară.

În partea de NE a Cîmpiei Române zona de coborîre se completează cu Depresiunea Focșanilor — care din punct de vedere geologic corespunde zonei de maximă afundare a fundamentului cristalin din țara noastră.

Dobrogea, compartimentată de fracturile majore Peceneaga — Camena și Capidava—Ovidiu, prezintă unele particularități interesante. Harta prezentată indică o ușoară mișcare de ridicare a părții mediane, de-a lungul unui aliniament orientat N—S, situat la distanță egală între Dunăre și Marea Neagră. Această imagine corespunde actualei situații hidrografice a Dobrogei, întrucît toate cursurile de apă izvorăsc din zona mediană și se varsă — cele din vest — în Dunăre, iar cele din est — în Marea Neagră. Un aspect deosebit prezintă zona Văii Carasu, unde se remarcă o puternică inflexiune a izoliniei zero. Zona litorală dintre Constanța și Mangalia se detașează printr-o accentuare a mișcării de coborîre, confirmată și de descoperirile arheologice ale vestigiilor orașelor Greciei antice, porturi la vechiul Pont Euxin.

Depresiunea intermuntoasă a Transilvaniei apare ca o regiune cu stabilitate relativă, conturul ei fiind urmărit aproximativ de izolinia + 0,5 mm/an. Ea pare a fi separată de puternica zonă descensională a Țării Bîrsei împreună cu depresiunea Ciucului prin pragul Munților Perșani și Baraolt, după cum este separată de Depresiunea Panonică prin pragul Munților Mezeș și Făget. În schimb culoarul Mureșului este delimitat de izoliniile + 1,0 mm/an situate pe un mal și pe celălalt al rîului, cea de pe malul drept reprezentînd limita sudică a Munților Apuseni, iar cea de pe malul stîng — limita nordică a părții de vest a Carpaților Meridionali. Pe acest traseu se conturează zonele Zam-Ilia și Deva—Simeria unde viteza ascensională se apropie de zero. O tendință descensională se remarcă și în zona V Beclean — E Jibou, conturată de izolinia cu valoare zero. O zonă de ridicare dispusă între Lechința și Apahida, al cărei maxim este conturat de izolinia + 1,0 mm/an în sectorul Gherla—Bonțida, separă Depresiunea Transilvaniei în două regiuni distincte; în prezent însă datele geodezice sînt insuficiente pentru a furniza informații de detaliu, traseele folosite ocolind centrul depresiunii.

Trecerea de la zona de calm relativ a Depresiunii Transilvaniei la zona cu viteze de ridicare intensă din Carpații Orientali se face printr-un cordon de gradient care corespunde Eruptivului neogen din Oaș—Gutîi—Tibleș și Călimani—Gurghiu—Harghita. Această zonă de gradient puternic prezintă inflexiuni destul de accentuate, fapt care sugerează existența unor fracturi

în zona lanţului eruptiv neogen. Cea mai importantă inflexiune se situează în zona de separaţie dintre Munţii Harghita şi Munţii Perşani—Baraolt şi se continuă spre E pe direcţia liniei Trotuşului, care delimitează segmentul nordic al Carpaţilor Orientali caracterizat printr-o mişcare de ridicare mai accentuată.

O situaţie asemănătoare se constată şi pe rama sudică a Depresiunii Transilvaniei unde inflexiunea puternică de pe Valea Oltului indică o fractură puternică sau un cîmp de fracturi care separă Munţii Făgăraş, respectiv Carpaţii Meridionali estici a căror viteză de ridicare este mai redusă, asemănătoare cu a Carpaţilor Orientali sudici, de Carpaţii Meridionali vestici. (Munţii Cibin, Lotru şi Căpăţînii) unde vitezele de mişcare ascensionale se accentuează ajungînd în zona Munţilor Retezat, Ţarcu şi Godeanu la valori de + 3,5 mm/an.

Trecerea de la zona de stabilitate relativă a Depresiunii Transilvaniei la zona cu mişcări de ridicare a Carpaţilor Meridionali este marcată şi de fracturi crustale importante, orientate E—V, care constituie treptele de cădere ale fundamentului cristalin, de la S spre N spre interiorul bazinului. O fractură majoră, urmărită pe distanţe considerabile de-a lungul văii Mureşului, separă Carpaţii Meridionali de Munţii Apuseni, situaţie materializată de culuarul creat de izoliniile vitezelor de mişcare. Fractura trece pe la nord de Timişoara, fapt bine marcat de inflexiunile izoliniilor şi în continuare pe la S de Jimbolia, prelungindu-se pe teritoriul R. S. F. Iugoslavia. Aceeaşi remarcă se poate face asupra fracturii crustale importante care se situează în partea de NE a Transilvaniei. Ea continuă spre NV prin culoarul Someşului, traversează Depresiunea Panonică şi poate fi urmărită în continuare şi pe teritoriul R. P. Ungare.

O situaţie specială prezintă fractura Peceneaga — Camena, care în Dobrogea nu manifestă legătură evidentă cu harta mişcărilor verticale. Prelungirea ei la NV de Dunăre marchează limita între zona de coborîre Focşani—Făurei şi zona de ridicare de la E de rîul Siret. Între Adjud şi Răcăciuni ea constituie limita vestică a Depresiunii Bîrladului, zona de ridicare plasîndu-se la V de rîul Siret.

Limita de SE a depresiunii Focşani—Făurei o constituie prelungirea fracturii Capidava—Ovidiu, care şi în Dobrogea corespunde aspectului hărţii mişcărilor crustale verticale recente întrucît formează limita nordică a zonei de coborîre corespunzătoare Văii Carasu.

Zona de coborîre Constanţa—Medgidia—Cernavodă, corespunzătoare Văii Carasu, pare să fie limitată la sud de o altă linie tectonică care trece pe la Rasova şi s-ar putea continua între Topraisar şi Eforie, sau s-ar incuiba spre S formînd graniţa dintre zona de ridicare din sud-vestul Dobrogei şi zona de coborîre a litoralului Mării Negre, dintre Eforie şi Mangalia. În Cîmpia Română această linie nu pare a avea nici o corespondenţă cu aspectul hărţii mişcărilor crustale verticale recente. O situaţie similară se constată şi pe aliniamentul Cîmpulung—Ploieşti—Călăraşi, unde fractura majoră semnalată de datele seismologice nu se reflectă în harta elaborată.

Liniile tectonice secundare au legătură cu mişcările verticale ale scoarţei în cazurile cînd sînt active şi denivelările flancurilor se produc într-o perioadă de timp relativ scurtă. Cu ajutorul lor se pot explica unele inflexiuni ale izoliniilor.

Corespondența hărților neotectonice și a mișcărilor verticale recente

Între cele două imagini există o corespondență cu totul satisfăcătoare. Marile unități structurale se manifestă în ambele hărți prin mișcări similare : regiunile muntoase prin mișcări de ridicare mai mult sau mai puțin accentuate, regiunile de șes și depresionare prin mișcări de coborîre, iar cele de platformă sau podiș printr-un regim evasistaționar.

Ca intensitate, mișcările de ridicare sînt întru totul asemănătoare : maximul de intensitate îl prezintă Carpații Orientali, cei Meridionali au o mișcare de intensitate medie, iar Apusenii cea mai redusă. Deosebirea între cele două hărți ar consta în faptul că în imaginea mișcărilor verticale există o deosebire netă între Carpații Orientali de nord — care au mișcarea de ridicare cea mai accentuată și cei de sud — care prezintă o mișcare mai atenuată, în timp ce în imaginea neotectonică intensitatea rămîne aceeași.

În mod similar și Carpații Meridionali sînt separați în două regiuni, dintre care cea vestică are o intensitate medie mai pronunțată, în timp ce, partea estică este mai redusă, deși în harta neotectonică amploarea rămîne constantă.

În harta neotectonică nu se observă nici o deosebire între Carpații Meridionali vestici și Munții Apuseni, deși în imaginea mișcărilor verticale diferențierea este mai netă. De asemenea și în privința extinderii în suprafață există unele deosebiri. Astfel zona de maximă viteză de ridicare a Carpaților Orientali nordici este mult mai extinsă, în lățime, decît zona de mișcare neotectonică ; în schimb Carpații Orientali sudici apar mult mai înguști în harta mișcărilor crustale verticale recente decît în imaginea neotectonică. De asemenea și zona Carpaților Meridionali estici este mult mai îngustă în harta mișcărilor verticale.

O corespondență remarcabilă se constată în Depresiunea Panonică unde izolinia zero corespunde limitei trasate pe baza datelor neotectonice.

În Cîmpia Română, zona neotectonică de coborîre însumează regiunile București — Ploiești — Galați și Zona Focșani — Făurei din harta mișcărilor verticale. Zona neotectonică din Moldova de sud se continuă, spre nord, de o parte și de alta a Siretului cuprinzînd și o parte din Depresiunea Bîrladului, care în harta mișcărilor verticale are un aspect puțin diferit, dată fiind orientarea axei sale de simetrie spre NE.

Depresiunile intramontane a Țării Bîrsei și a Ciucului inferior corespund în ambele imagini, fiind zone de coborîre intensă. Deosebirile apar în cazul depresiunilor Ciucului Superior și Gheorghienilor care au fost considerate zone neotectonice de coborîre dar care — prin valorile geodezice măsurate — apar ca zone cu mișcări verticale de ridicare.

În Dobrogea corespondența este de asemenea mulțumitoare, litoralul Mării Negre apărînd în ambele imagini ca o zonă de coborîre, diferențele — neînsemnate de altfel — constînd în extinderea zonei, mișcările crustale recente extinzînd zona de coborîre de la Constanța pînă la Cernavodă.

Zonele de stabilitate relativă corespund în cea mai mare parte. Astfel Depresiunea Transilvaniei, cu ușoarele variații de mișcare pe verticală, poate fi considerată de fapt o zonă stabilă după cum și zona mediană a Dobrogei, considerată pe direcția N—S, poate fi înglobată în aceeași categorie. Divergențele apar în zona Podișului Moldovenesc, unde sectoarele

nordic şi sudic, prin vitezele mici de mişcare înregistrate, pot fi considerate ca zone cu stabilitate relativă ; partea centrală, care revine sectorului Iaşi—Paşcani constituie cu certitudine o zonă de ridicare, unde vitezele ascensionale depăşesc 2 mm/an.

În ceea ce priveşte Oltenia şi vestul Munteniei corespondenţa între cele două imagini este cu totul satisfăcătoare, întrucît neotectonic este indicată o schimbare a sensului de mişcare în Cuaternar şi anume o mişcare de ridicare în Cuaternarul superior, ceeace corespunde foarte bine cu vitezele ascensionale, cu valori între 1,0 şi 2,5 mm/an.

Corelarea imaginii hărţii mişcărilor crustale verticale recente cu zonarea seismică a teritoriului R.S. România

Efectuarea unei analize corelate a imaginilor obţinute din date seismologice şi geodezice prezintă un interes deosebit deoarece între mişcările crustale recente şi activitatea seismică există o strînsă legătură. În ansamblu se constată o similitudine între izoliniile celor două imagini. Atît izoseistele cît şi izoliniile de mişcare au aproape aceeaşi alură în regiunea seismică importantă din ţara noastră, care cuprinde jumătatea de sud a Moldovei, Curbura Carpaţilor, Muntenia şi jumătatea de est a Olteniei şi Dobrogea. Începînd din regiunea Iaşi, atît izoseistele cît şi izoliniile de mişcare se curbează spre SV, pentru ca în dreptul Curburii Carpaţilor să sufere o inflexiune puternică, după care păstrează aceeaşi direcţie.

Pînă la zona Carpaţilor izoliniile de intensitate seismică 7 şi 8 sînt paralele şi se încadrează în stilul general al izoliniilor de egală viteză de mişcare verticală; trecînd la sud de Carpaţii Meridionali izoseista cu valoarea 8 prezintă o întoarcere spre est, în timp ce aceea cu valoarea 7 străbate Oltenia pe o direcţie aproximativ N—S. Izoseista 8, după întorcere, capătă aceeaşi alură ca izolinia — 0.5, care constituie limita nordică a zonei cu mişcare de coborîre din Bărăgan. În Oltenia izoseista 7 urmăreşte un traseu paralel cu izolinia + 1,5 părăsind teritoriul R. S. România în apropierea localităţii Lom din R. P. Bulgaria. Izoseista 9 conturează zona de maximă intensitate dintre Focşani şi Panciu, această zonă neavînd vreo corespondenţă evidentă cu harta de mişcări verticale, zona de coborîre fiind de la Focşani spre sud.

În Dobrogea, zona de intensitate seismică 6 corespunde Deltei Dunării şi Dobrogei centrale, izoseista 7 — care porneşte de la Chilia — se curbează brusc în dreptul Hîrşovei, căpătînd o alură paralelă cu izolinia zero, care delimitează zona de mişcare descensională Constanţa—Cernavodă.

În Depresiunea Panonică ariile cu sensibilitate seismică accentuată corespund zonelor cu mişcări de coborîre evidente. Astfel, în sectorul Carei —Valea lui Mihai izoseista 8 se suprapune destul de bine cu izolinia — 1,5 mm/an. De asemenea în Banatul de vest şi în sectorul Halmeu, izoseistele cu valoarea 7 corespund ca alură generală cu izolinia de viteză de mişcare nulă. Oarecum cu orientări asemănătoare izoliniilor sînt izoseistele de 7 care delimitează sectoarele Sighetul Marmaţiei şi Rădăuţi, dar al căror paralelism — de această dată — se manifestă faţă de izolinii care marchează viteza de mişcare ascensională. Pentru zona seismică din centrul Depresiunii Transilvaniei nu se poate stabili nici o corespondenţă, deoarece în sectorul Tîrnăveni — Mediaş lipsesc informaţiile geodezice.

Harta mișcărilor crustale verticale recente și imaginile satelitare

Utilizarea imaginilor satelitare în scopuri geologice a permis o corelare între indicațiile mișcărilor crustale verticale și imaginile satelitare. Folosirea teledetectiei în prospectarea geologică și geofizică în țara noastră, relativ recentă (1975), a permis obținerea de rezultate semnificative asupra caracteristicilor structurale regionale ale zonelor studiate.

Pentru partea de vest a teritoriului R. S. România, au fost studiate prin metoda lineației înregistrările satelitului ERTS—1 lansat în anul 1973, folosindu-se în principal imagini alb-negru [8].

La interpretarea geologică a părții de sud a Carpaților Orientali și a zonei de curbură, după seismul din 4 martie 1977, au fost folosite pe lîngă aerofotograme și înregistrări LANDSAT obținute din 2 stații la sol și pentru 3 perioade de timp diferite [9].

Datele noi obținute au permis o mai bună corelare cu harta mișcărilor crustale verticale întocmită prin metoda geodezică. Dintre rezultatele mai importante în acest sens, menționăm corespondența limitei estice a Depresiunii Panonice. De asemenea decroșarea existentă în zona văii rîului Trotuș, orientată E—V, care nu apare în hărțile actuale dar concordă cu imaginea din harta mișcărilor crustale.

CONCLUZII

Harta mișcărilor crustale verticale recente a R.S. România prezintă aspectul la scară regională al mișcărilor verticale sesizabile la suprafața scoarței terestre. Între datele obținute prin metoda geodezică și informațiile deduse prin studiul integrat al datelor geologice, geofizice și seismologice, se constată o corespondență satisfăcătoare.

Cauzele neconcordanțelor existente vor putea fi elucidate odată cu obținerea de noi date geodezice, geofizice și oceanografice.

Harta oferă informații asupra modului de reflectare la suprafață a fenomenelor care au loc în interiorul pămîntului, cu importante rezultate cu caracter teoretic și aplicativ. Ea permite participarea R. S. România la întocmirea hărții mișcărilor crustale verticale recente a zonelor Carpato-Balcanică și Europa-est.

Primit la redacție
la 25 septembrie 1978

BIBLIOGRAFIE

1. Airinei Șt., Murgeanu G. (1960), *Données géophysiques sur la structure du soubassement de la courbure des Carpates Orientales.* Rev. de Géol. et de Géogr., VII, *2.*
2. Airinei Șt. (1966), *Contribuții gravimetrice la raportul Structura fundamentului — seismicitate în subcarpații Munteniei Orientale.* St. și cercet. de geol., geof,. geogr., Seria Geof., *4, 2.*
3. Airinei Șt. (1976 a), *Idei privind integrrarea teritoriului României în conceptul tectonicii plăcilor.* St. și cercet. de geol., geof., geogr., Seria geof,. *14, 1.*

[8] Veliciu Ș. et. al. (1976) Arh. I.G.G. București.
[9] Veliciu Ș. Vijdea V (1977) Arh. I.G.G. București.

4. Airinei Şt. (1976 b), *Anomalies gravimétriques régionales pouvant refléter des segments de plaques ou de microplaques de la lithosphère sur le territoire de la Roumanie.* Comité de géologie et géophysique marines, XXV-e Congrès — Assemblée plénière de Split, 23—30 oct. 1976.
5. Atanasiu I. (1961), *Cutremurele de pământ în România*, Edit. Academiei RPR. Bucureşti.
6. Bandrabur T., Ghenea C., Săndulescu M., Stefănescu M. (1971), *Harta neotectonică a R S România*, Inst. Geol. Bucureşti.
7. Boulanger Y. et al. (1975), *Summary map of recent vertical crustal movements of the Eastern-Europe, Problems of recent crustal movements*, Ed. Valgus, Symposium Moscova 1971, Tallin.
8. Burcea C., Cornea I. et. al. (1965), *Contribuţii seismice la crearea unei imagini tectonice asupra marginii nordice a Platformei Moesice între Olt şi Buzău.* St. şi cercet. de geol., geofiz. geogr., Seria Geof., **3**, *1.*
9. Cahierre L. (1964), *Nivellment et mouvements de l'écorce terrestre*, Bul. Géod, *71*, Paris.
10. Ciocârdel R., Popescu M. (1965), *Tendances actuelles des mouvements de l'écorce terrestre en Roumanie.* Rev. roum. de géol., géophys, et géogr., Série de Géophys, **9**, *2.*
11. Ciocârdel R., Esca Al. (1966), *Essai de synthèse des données actuelles concernant les mouvements verticaux récents de l'écorce terrestre en Roumanie.* Rev. roum. de géol., géophys. et. géogr., Série de Géophys, **10**, *1.*
12. Ciocârdel R., Socolescu M., Esca Al., Teodorescu C. (1968), *Mouvements verticaux actuels de l'écorce terrestre dans la Bassin de le Mer Noire et les aires avoisinantes.* Rev. roum. de géol., géophys. et. géogr., Série de Géophys, **12**, 1.
13. Ciocârdel R., Socolescu M. (1969), L'évolution *de l'écorce terrestre en Roumanie.* Rev. roum. de géol., géphys, et. géogr., Serie de Géophys, **13**, *1*, Bucarest.
14. Constantinescu L., Cornea I., Enescu D. (1972), *Structure de la croûte terrestre en Roumanie d'après les données géohpysiques.* Rev. roum. de géol., géophys. et géogr., Série de Géophys., **16**, *1.*
15. Constantinescu L., Cornea I., Lăzărescu V. (1975), *Seismotectonic Map of the Romanian Territory. XII* Gen. Ass. Europ ; Seism. Comm, IGG, Stud. tehn, econ. Seria. D, **10**.
16. Dambara I. (1975), *Synthetic vertical mouvements in Japan during the recent 70 years and horizontal movements in a test area.* Problems of recent crustal movements, Tallin.
17. Dumitrescu I., Săndulescu M., Lăzărescu V. Mirăuţă O., Pauliuc S., Georgescu C. (1962), *Mémoire à la Carte tectonique de la Roumanie.* Inst. Géol., Ann. Com. Géol., **XXXII**, Bucarest
18. Enescu D., Cornea I., Constantinescu P., Rădulescu Fl., Petruţ Şt. (1972), *Structura scoarţei terestre şi a mantalei superioare în zona curburii Carpaţilor.* St. şi cercet. geol,. geof., geogr., Seria Geof. **10**, *1.*
19. Gavăt I., Airinei Şt., Botezatu R., Socolescu M., Stoenescu S., Vencov I. (1965). *Contributions de la gravimétrie et de le magnétométrie à l'étude de la structure profonde du territoire de la R. P. Roumaine.* Rev. roum de géol., géophys. et géogr., Serie de Géol., **9**, *1.*
20. Hermanowski A. (1962), *Stricte méthode de compensation et de calcul des deplacements verticaux de l'écorce térrestre determinées par des mesurages périodiques du nivellement de précision.* Rap. symposium, Leipzig.
21. Jones L. 1967, *Utilisation de nivellements pour l'étude des mouvements du sol*, Rap. symposium, Lucerna.
22. Joó I., Drăgoescu I. et. al. (1975), *An investigation on the recent vertical Earth's crust movements of the Carpathian — Balkanian region.* Rep. symposium, Grenoble.
23. Jovanovic P. (1975), *The map of velocities of recent vertical crustal movements in Yugoslavia. Problems of recent crustal movements*, Tallin.
24. Kaariainen E. (1965), *Land uplift in Finland as computed by the aid precise levellings*, Rep. symposium. Aulanko
25. Lăzărescu V. (1969), *Indicaţiuni de mişcări neotectonice în regiunea dintre V. Prahovei şi V. Teleajenului.* Bul. Soc. Şt. Geol. din Rom. 11, Bucureşti.
26. Lilienberg D et. al. (1975), *L'analise morphostructurale des mouvements verticaux actuels de la partie européene de l' URSS. Problems of recent crustal movements.* Tallin.
27. Maslich D. I. (1968), *Possibility of application of simultaneous geodetic levelling for investigation of curent vertical movements of the Earth's crust in mountain regions.* Rep. symposium. Leningrad.
28. Mizoue M. (1968), *Types of crustal movements accompanies with earthquakes.* Rep. symposium Leningrad.

29. Miyabe N., Miyamura S., Mizoue M. (1965), *A map. of secular vertical movements of the Earth's crust in Japan.* Rep. symposium Aulanko.
30. Miyamura S. (1968), *Report on summary map of recent crustal movements in Japan.* Symposium Leningrad.
31. Rădulescu D., Săndulescu M. (1973), *The plate tectonics concept and the geological structure of the Carpathians.* Tectonophysics. XVI. Amsterdam.
32. Socolescu M., Popovici D., Visarion M., Roşca V. (1964), *Structure of the Earth's crust in Romania as based on the gravimetric data.* Rev. roum. de géol., géophys et. géogr., Série de Géophys. **8**. *1.*
33. Socolescu M., Ciocârdel R., Airinei St., Popescu M. (1975), *Fizica şi structura scoarţei terestre din România.* Edit. tehnică, Bucureşti.
34. Thurm H. et al. (1974), *Monographie über den Beitrag der DDR zu der Unterkommission Osteuropa der CRCM der IAG zusammengestellten Karte der rezenten vertikalen Erdkrustenbewegungen Osteuropas.* National Komitee für Geodäsie und Geophysik bei der Akademie der Wissenschaften der DDR III, 31, Berlin.
35. Veliciu S., Vâjdea V. (1977), *Linii interpretate din imaginile Landsat in partea de vest a României.* Rap. Arh. I.G.G.
36. Visarion M., Drăgoescu I. (1975), *Considerations on the Earth's crust recent vertical movements in Romania.* Rev. roum. de géol., géophys. et. géogr., Série de Géophys., **19**.
37. Vyskocil P. (1971), *Comparison of two maps of annual speeds of vertical crustal movements on the territory of CSSR.* Problems of recent crustal movements, Tallin.
38. Wyrzykowski T. (1962), *The methods of geodetic determination of the recent vertical movements of the Earth's crust.* Rep. symposium,. Leipzig.
39. Wyrzykowski T. (1975), *Map of the recent absolute velocities of vertical movements of the Earth's crust on the territory of Poland.* Problems of recent crustal movements,Tallin.

LA CARTE DES MOUVEMENTS VERTICAUX RÉCENTS DE L'ÉCORCE TERRESTRE DE LA ROUMANIE

L'étude des mouvements récents de l'écorce terrestre — bassée sur les données géodésiques de haute précision — devient de plus en plus importante dans le monde entier. La connaissance de la direction et de l'amplitude du mouvement, des différentes zones d'un territoire, peut être considérée l'élément primordial de la tectonique globale.

Le déplacement vertical ne représente qu'une composante du mouvement — plus compliquée des plaques et des microplaques. Il fournit des données sur lesquelles on peut fonder certaines théories ou hypothèses géologiques et géophysiques.

En Roumanie, le plus fort déplacement se produit entre la microplaque de la Dépression de Transylvanie et le Plateu de la Moldavie qui appartient à la Plate-forme Eurasiatique. Cette pousseé est la cause du soulèvement de la partie nord des Carpates Orientales — le plus prononcé de Roumanie — parce que la vitesse dépasse 6 mm par an.

Une poussée semblable — la deuxième par ordre d'intensité — se produit entre la microplaque de la Plate-forme Moesienne et celle formée par la Plaine Pannonienne et les Monts Apuseni, dans la zone de l'ouest des Carpates Meridionales. Cette fois-ci la vitesse dépasse seulement 3,5 mm/an.

Les zones, considérées stables, où le mouvement est réduit —la vitesse approche la valeur zero — sont : La Dépression de Transylvanie, la Dobroudja et une partie de la plaine Roumaine.

Parmi les zones d'affaissement, la dépression du Ciuc inférieur et de la Ţara Bîrsei ont la vitesse la plus accrue, à la suite de la poussée vers

l'est de la microplaque de la Transylvanie, qui plonge sous la zone de courbure des Carpates Orientales.

La dépression de Focşani et la partie centrale de la plaine Roumaine sont la forme de relief négative du plissement causé par l'avancement vers le nord-ouest, vers les Carpates, de la microplaque de la mer Noire et de Dobroudja.

En effet, l'image actuellé de la carte des mouvements verticaux n'est qu'une etape, mais une etape importante, puisqu'elle fourni des arguments précieux pour les théories géophysiques et géologiques modernes. Une nécessité pour l'avenir est d'associer à cette image celle des mouvements horizontaux.

La carte peut être utilisée pour la rédaction de la carte des mouvements verticaux de l'Europe de l'Est, ainsi que pour la monographie de la zone Carpato-Balcanique. De même elle est indispensable aux études sismologiques de la Roumanie.

CONTRIBUȚII LA SEISMOLOGIA EXPLOZIILOR DE DEROCARE

DE

VASILE I. MÂRZA și AURELIAN I. PÂNTEA

ICEFIZ, Centrul de fizica Pămîntului și seismologie, Laboratorul de seismologie, Măgurele—București, C.P. 5202

1. INTRODUCERE

Vibrațiile seismice provocate de exploziile de derocare au fost subiectul a numeroase cercetări, scopul final fiind evaluarea efectului lor asupra construcțiilor.

În prezenta lucrare ne propunem să completăm și să continuăm investigațiile privind efectul seismic al exploziilor de derocare efectuate în țara noastră. Acest lucru este impus de noile cariere care s-au deschis (Moldova Nouă, Anina etc.) sau se vor deschide în viitor (Roșia Poieni etc.) și care vor fi confruntate cu o serie de probleme ca : protecția unor construcții civile, industriale, monumente istorice sau a unor lucrări miniere din vecinătatea lor etc.

2. CONTROLUL VIBRAȚIILOR SEISMICE DE LA EXPLOZIILE DE DEROCARE

Vom atrage atenția de la început că ne vom referi numai la vibrațiile induse în sol de către exploziile primare. Nu vom trata problema vibrațiilor aeriene sau efectele exploziilor secundare (derocarea supergabariților).

2.1. CRITERII DE EVALUARE A LIMITELOR DE SIGURANȚĂ

Problema esențială este stabilirea deteriorărilor (stricăciunilor) posibile, datorate detonării unei anumite cantități de exploziv, pe baza caracteristicilor mișcării oscilatorii din vecinătatea obiectivului analizat. Caracteristicile (dinamice) care pot fi folosite sînt : deplasarea, viteza sau accelerația mișcării solului (terenului), energia relativă (energy ratio) etc. Majoritatea cercetătorilor susțin că cel mai adecvat criteriu este cel al vitezelor (Duvall & Fogelson 1962, Greenland & Knowles 1970, Berger 1971, Nicholls ș.a. 1971, Sain 1973 etc.).

Totuși cum încă la multe măsurători seismice se înregistrează deplasarea particulei, vom prezenta și diferitele nivele de deplasare a solului care se recomandă a nu fi depășite pentru a preveni pagubele (tabela 1).

În prezent, viteza maximă de oscilație a particulei este acceptată ca cel mai bun criteriu pentru evaluarea probabilității ca o vibrație să cauzeze distrugeri unei structuri. Viteza particulei, ținînd seama atît de frecvența (perioada), cît și de amplitudinea deplasării oscilației, dă o indicație a nivelului de risc și o indicație foarte precisă a valorii „daunelor" pe care le-ar produce vibrația, valabile pentru orice frecvență a vibrațiilor.

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR.1, P. 21—33, BUCUREȘTI, 1979

În cazul în care viteza de oscilaţie nu poate fi măsurată direct, ea poate fi calculată (aproximativ) cu formula :

$$v = 2\pi f A = 2\pi \frac{A}{T}, \qquad (1)$$

unde $2A$ este amplitudinea deplasării (vîrf la vîrf, în cm), f frecvenţa oscilaţiei (în Hz) iar T perioada oscilaţiei (în s).

Tabela 1. (După I.C.I., 1972)

Tipul clădirii	Amplitudinea limită admisibilă a deplasării (mm)
Construcţii vechi de mare valoare şi fragilitate Puţuri miniere Case în stare şubredă Monumente de artă vechi etc.	0,1*
Case, bunuri etc. dispuse în ansambluri	0,2
Clădiri izolate	0,4
Structuri (civile), proiectate după normative	0,76

* Deoarece, deseori, apar reclamaţii şi pentru amplitudini mai mici ca 0,1 mm, probabil că o limită de 0,05 mm este mai indicată din punct de vedere al evitării deteriorărilor.

Calculul vitezei de oscilaţie, cu formula (1), presupunînd mişcarea ca fiind oscilatorie armonică, poate duce la erori faţă de valoarea reală, măsurată, a vitezei, astfel că se recomandă măsurarea directă a vitezei. În figura 1 este prezentată o nomogramă cu relaţia dintre frecvenţă (f), acceleraţie (a), viteză (v) şi deplasare (A) pentru cazul mişcării armonice simple.

Mulţi cercetători au prezentat diferite criterii de evaluare a pagubelor produse de vibraţii transmise de la explozii, în special asupra clădirilor de locuit, iar Duvall & Fogelson (1962) şi Buzdugan ş.a. (1976) prezintă excelente treceri în revistă a acestor criterii. Figura 2 prezintă o comparare a criteriilor de vibraţie. Aşa cum au conchis Duvall & Fogelson (1962), precum şi cele mai recente cercetări ale Biroului Minelor din S. U. A. (USBuMines) executate de Nicholls ş.a. (1971) se recomandă ca nivelele de vibraţie în vecinătatea clădirilor de locuit să fie menţinute sub o viteză maximă de 5 cm/s. Tabela 2 listează consensul general cu privire la rezultatele obţinute pe plan mondial pentru valorile vitezelor de oscilaţie asociate cu diferite grade de stricăciuni, pentru clădiri de locuit.

Criteriul de vibraţie admisibilă recomandat, de 5 cm/s a vitezei particulei, este un criteriu de tip probabilistic. Dacă viteza depăşeşte 5 cm/s există o probabilitate rezonabilă ca să apară stricăciuni clădirilor de locuit. Criteriul de vibraţie admisibilă nu este o valoare sub care deteriorările nu vor apărea şi peste care deteriorările vor apărea. Multe clădiri pot suporta vibraţii peste 5 cm/s fără a se observa deteriorări. Probabilitatea de deteriorare a unei structuri creşte sau descreşte după cum nivelul de vibraţie creşte sau descreşte faţă de nivelul de 5 cm/s.

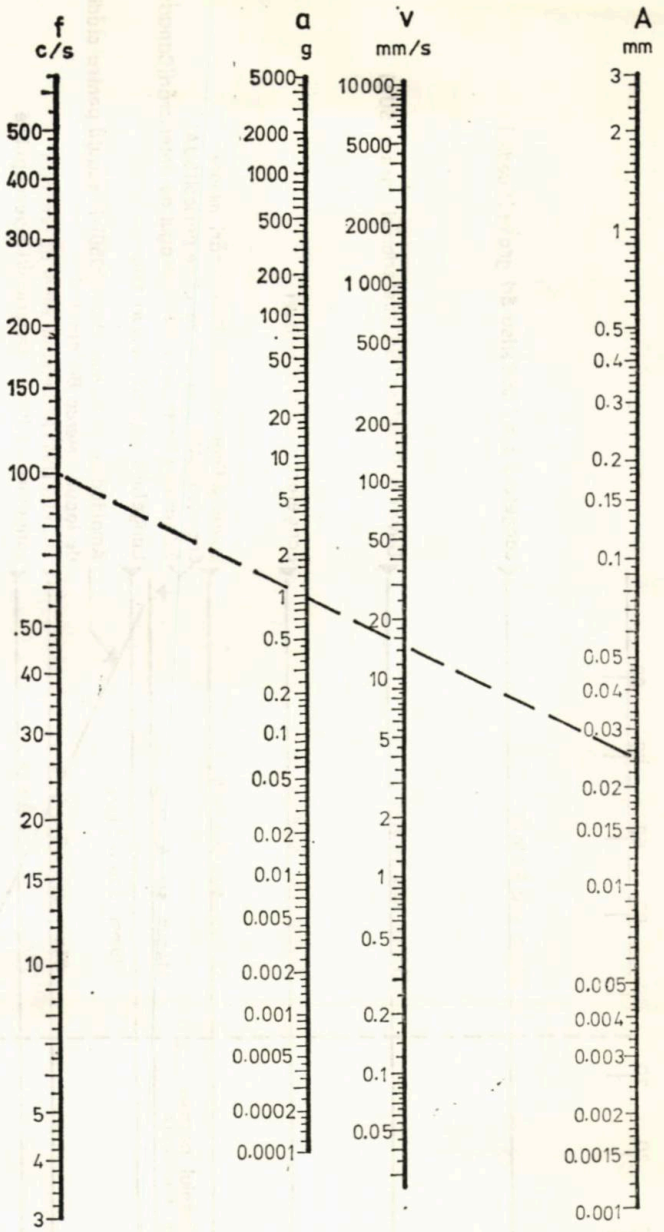


Fig. 1. — Nomogramă pentru legătura dintre frecvența (f), accelerația (a), viteza (v) și amplitudinea deplasării (A) vibrației. Exemplu: f = 100 Hz, A = 0,025 mm. Viteza vibrației este aprox. v = = 15 mm/s. Accelerația este $a = 1g$ (După I.C.I., 1972).

În tabela 3 sînt prezentate nivelele de vibrație admisibile în funcție de efectul lor asupra oamenilor cît și asupra diferitelor tipuri de construcții.

O mărime mai puțin utilizată în controlul vibrațiilor seismice ale exploziilor de derocare este „energia relativă" (energy ratio), E.R.,

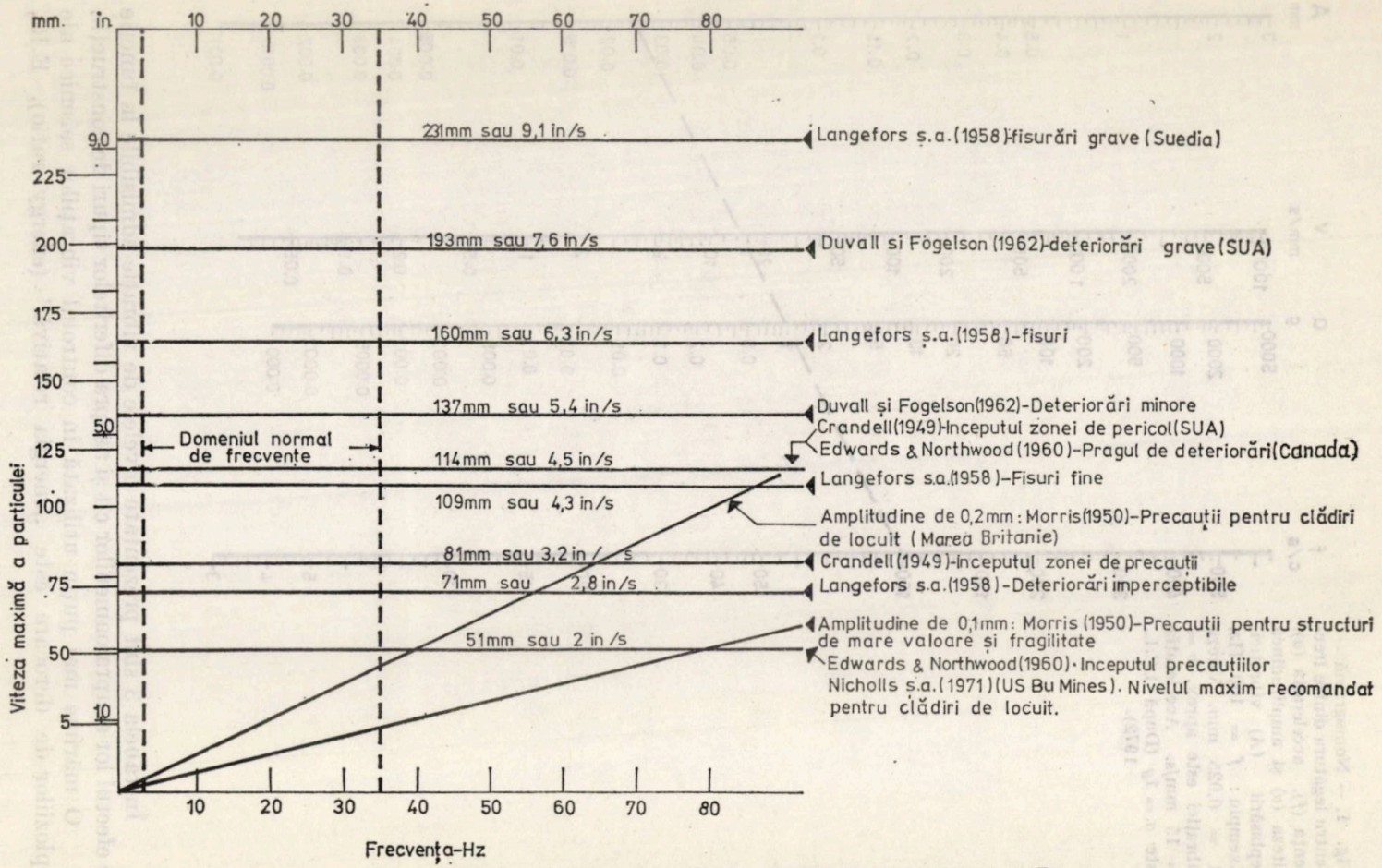


Fig. 2. — Compararea criteriilor de vibrație (După I.C.I., 1972)

definită (Crandell, 1949) :

$$\text{E.R.} = (4\pi^2 f A)^2 = \left(4\pi^2 \frac{A}{T}\right)^2 = 4\pi^2 v^2 = \frac{a^2}{f^2}, \qquad (2)$$

unde parametrii au aceeaşi semnificaţie ca în relaţia (1).

Tabela 2

Stricăciunile probabile asociate cu diferite viteze de oscilaţie a solului pentru clădiri de locuit (După Greenland & Knowles, 1970)

Viteza maximă de oscilaţie, (cm/s)	Gradul probabil de distrugere
Peste 19	Major — degradări structurale prin fisurare, deformare sau dislocare
Peste 14	Minor — nici-o slăbire aparentă a structurii de rezistenţă; stricăciuni ale tencuielii, geamurilor sau zidăriei
Peste 10	Prag — stricăciuni puţin perceptibile, fisuri în tencuială, dislocarea obiectelor nefixate
Sub 5	Nivelul recomandat de siguranţă*

* Pentru reducerea reclamaţiilor, sub o limită de 8 % din numărul potenţial de reclamaţii, se recomandă un nivel de vibraţie de 1cm/s(Nicholls ş.a., 1971).

Tabela 3

Efecte ale vibraţiilor seismice, induse de explozii, asupra oamenilor şi construcţiilor (Adaptat după Rowe, 1973)

Viteza maximă a particulei (cm/s)	Acţiunea asupra omului	Degradarea construcţiilor
0,02	uşor perceptibilă	nici una
0,2	perceptibilă	limita superioară pentru monumente istorice, structuri foarte fragile, puţuri miniere etc.
0,5	perturbaţie care începe să fie supărătoare	limita inferioară pentru degradări „arhitecturale" la clădiri obişnuite*
1,5	perturbaţie neplăcută, posibil inacceptabilă	degradări „arhitecturale", posibile degradări structurale
5,0	intolerabilă	degradări structurale la clădiri care răspund la frecvenţa perturbaţiei (adică intră în rezonanţă)

* Pentru detalierea noţiunilor legate de degradări recomandăm Mârza (1978, paragraful 6).

În general, se admite o valoare de E.R. = 1 (în sistemul britanic de unităţi) ca nivel de siguranţă (Crandell 1949, Berger 1971, Greenland & Knowles 1970 etc.), în cazul folosirii „testului energiei relative".

2.2. LEGEA DE PROPAGARE

Principalii factori care determină valoarea vibraţiei seismice sînt : încărcătura de exploziv (W), distanţa faţă de explozie (R), natura (tipul) mediului care intervine în generare şi propagare, geometria exploziei,

tipul exploziei etc. Dintre aceşti factori, primii doi, încărcătura şi distanţa, sînt totuşi de primă importanţă.

Consideraţii experimentale şi teoretice au indicat că există o lege de propagare care leagă viteza de oscilaţie a particulei cu încărcătura şi distanţa (Nicholls ş.a., 1971):

$$v = K\left(\frac{R}{W^{1/2}}\right)^{-B}, \tag{3}$$

unde v este viteza maximă de oscilaţie a particulei solului pe una din cele trei direcţii pe care se poate descompune mişcarea (verticală, radială şi transversală), R — distanţa explozie-recepţie, W — încărcătura de exploziv (totală sau maximă pe treaptă, după cum explozia este instantanee sau în trepte), iar K şi B — constante pentru un anumit amplasament şi un anumit procedeu de puşcare.

Constantele K şi B pot fi determinate, prin măsurători, pentru un anumit amplasament. Mărimea $\frac{R}{W^{1/2}} = (\text{S.D.})$, o numim distanţă redusă şi se exprimă în $\text{m/kg}^{1/2}$ sau, în sistemul britanic de unităţi, în $\text{ft/lb}^{1/2}$. Aşa cum se vede din relaţia (3) s-a adoptat o variaţie cu rădăcina pătrată din încărcătură, variaţie care se pretează cel mai bine în majoritatea cazurilor, pentru exploziile de derocare. Medvedev (1968) utilizează o variaţie cu rădăcina cubică din încărcătura explozivă, situaţie care este adecvată numai în cazul exploziilor cu încărcătura concentrată. Pentru o discuţie mai detaliată a legilor de variaţie seismică indicăm lucrarea Mârza (1977).

3. ESTIMAREA NIVELELOR DE SIGURANŢĂ ALE VIBRAŢIILOR DE LA EXPLOZII DE DEROCARE

Aşa cum s-a discutat în capitolul 2, există stabilite diferite limite de siguranţă pentru deplasarea particulei sau, mai bine, pentru viteza maximă de oscilaţie care nu trebuie depăşite pentru ca diferite tipuri de deteriorări să fie preîntîmpinate. Dacă există reclamaţii sau alte complicaţii, operatorul poate reduce nivelul de vibraţie la o valoare convenabilă, pentru a minimiza plîngerile mai ales în zonele dens populate.

Există două căi de abordare a problemei estimării mărimii încărcăturii de exploziv, în aşa fel ca limita nivelului de siguranţă a vibraţiei să nu fie depăşită, pentru o distanţă dată. Prima şi cea mai indicată este folosirea măsurătorilor instrumentale pentru a determina, în fiecare carieră, constantele din relaţia (3), pentru condiţiile concrete de derocare. A doua cale este de a folosi datele generale luate de la diferite cariere şi de a determina nişte nivele empirice, care bineînţeles vor face să avem nişte factori de siguranţă mai mari şi deci condiţii mai restrictive decît în cazul cînd se face controlul instrumental al exploziilor.

Dacă se consideră clădirile de locuit, atunci, în cazul controlului exploziilor fără supraveghere instrumentală, se consideră că distanţa redusă de siguranţă trebuie să fie mai mare decît 23 în sistemul metric (S.I.), sau 50 în sistemul britanic. Figura 3 ilustrează grafic relaţia între încărcătura explozivă şi distanţă pentru o distanţă redusă de 23 $\text{m/kg}^{1/2}$.

Pentru cazurile în care o distanţă redusă de 23 m/kg$^{1/2}$ este prea restrictivă, se impune efectuarea unui experiment cu executarea de măsurători pentru a determina ce distanţă redusă poate fi folosită, pentru a nu se depăşi nivelul de vibraţie impus. Astfel, pe baza relatiei (3), se reprezintă

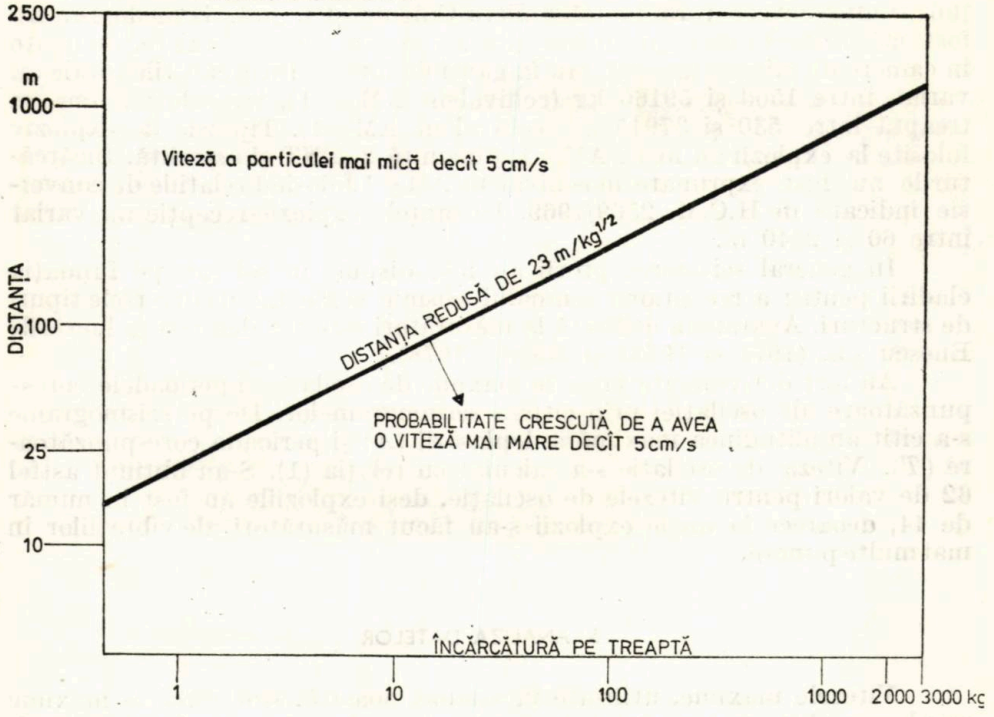


Fig. 3. — Legătura dintre încărcătură şi distanţă pentru o distanţă redusă de 23m/kg$^{1/2}$ (Adaptat după I.C.I., 1972)

grafic viteza maximă de oscilaţie a particulei (v_{max}), în funcţie de distanţa redusă ($R/W^{1/2}$ = S.D.), pe o diagramă log-log, pentru exploziile măsurate. Distanţa redusă (S.D.) pentru care viteza de oscilaţie nu depăşeşte limita cerută se poate determina uşor din grafic, iar cu ajutorul relaţiilor

$$W = \frac{R^2}{(\text{S.D.})^2} \tag{4}$$

şi

$$R = (\text{S.D.}) \sqrt{W} \tag{5}$$

se pot determina încărcăturile admisibile pentru diferite distanţe, sau invers, distanţele admisibile pentru anumite încărcături.

Pe baza relaţiei (4) se poate construi o nomogramă care să permită determinarea grafică, expeditivă, a încărcăturii admisibile.

4. DATELE EXPERIMENTALE. PROCEDEUL EXPERIMENTAL

Am utilizat datele de observaţie culese de-a lungul timpului din următoarele cinci cariere: Bistriţa (Arnota), jud. Vîlcea; Cernavodă, jud. Constanţa; Suvarov (Moldova Nouă), jud. Caraş-Severin; Anina, jud. Caraş-Severin; Băiţa (Măgulicea-Crăciuneşti), jud. Hunedoara. Au fost măsurate 44 de explozii instantanee sau cu microîntîrziere, detonate în camere de minare (galerii) sau în găuri de foreză. Încărcăturile totale au variat între 1560 şi 59160 kg (echivalent AM — 1), iar cele maxime pe treaptă între 530 şi 37945 kg (echivalent AM—1). Tipurile de exploziv folosite la explozii au fost: AM—1, dinamită 2, TNT şi astralită. Încărcăturile au fost exprimate în echivalent AM—1 folosind relaţiile de conversie indicate de H.C.M. 2509/1969. Distanţele explozie-recepţie au variat între 60 şi 2440 m.

În general seismoreceptorii au fost dispuşi în sol sau pe fundaţia clădirii pentru a recepţiona semnalul seismic neafectat de diversele tipuri de structuri. Aparatura utilizată la măsurători este cea descrisă în lucrările Enescu ş.a. (1971 şi 1973) şi Mârza (1978).

Au fost determinate vitezele maxime de oscilaţie şi perioadele corespunzătoare ale oscilaţiei prin citirea seismogramelor. De pe seismograme s-a citit amplitudinea maximă a deplasării (A) şi perioada corespunzătoare (T). Viteza de oscilaţie s-a calculat cu relaţia (1). S-au obţinut astfel 62 de valori pentru vitezele de oscilaţie, deşi exploziile au fost în număr de 44, deoarece la unele explozii s-au făcut măsurători ale vibraţiilor în mai multe puncte.

5. ANALIZA DATELOR

Vitezele maxime, utilizate în analiza noastră, sînt vitezele maxime rezultante obţinute prin însumarea vitezelor măsurate pe trei direcţii reciproc ortogonale. Noi utilizăm deci în relaţia (3) viteza totală a mişcării particulei şi nu vitezele după componentele mişcării (radială, transversală ori verticală). Procedăm astfel deoarece nu am reuşit întotdeauna, la măsurători, să orientăm componentele orizontale ale seismoreceptorilor exact după direcţia radială şi transversală. Astfel luînd viteza totală putem caracteriza mai bine valoarea mişcării. De asemenea, procedînd astfel, ne luăm un coeficient suplimentar de siguranţă, utilizînd aceleaşi valori ale distanţelor reduse care se recomandă în cazul utilizării unei singure componente a mişcării.

Pentru carierele Bistriţa (Arnota), Cernavodă şi Anina am reprezentat grafic viteza maximă de oscilaţie a particulei în funcţie de distanţa redusă. Graficele obţinute sînt prezentate în figurile 4, 5 şi 6. Prin aplicarea regresiei liniare folosind relaţia (3) am obţinut dreptele pe care se ajustează datele. Acelaşi lucru l-am făcut şi pentru cazul general al combinării datelor de la toate cele cinci cariere, rezultînd astfel figura 7. Tabelul 4 prezintă constantele obţinute prin aplicarea regresiei liniare relaţiei (3).

Pe baza datelor din tabela 4 sau a graficelor din figurile 4—7 se pot stabili distanţele reduse (S.D.) pentru diferite nivele de vibraţie ale solului, conform tabelelor 2 sau 3. Cu distanţele reduse astfel stabilite se deter-

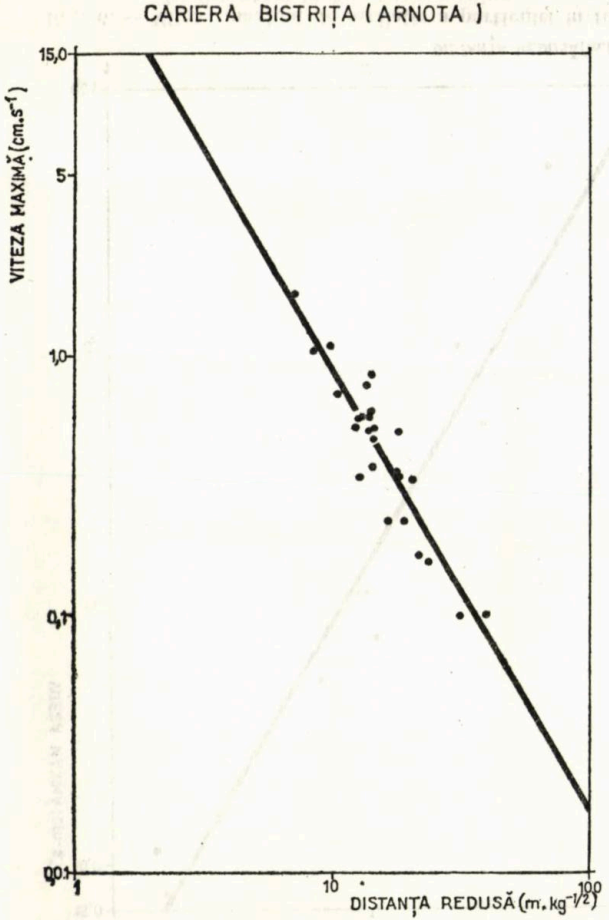


Fig. 4. — Viteza maximă de oscilație a particulei în funcție de distanța redusă — Cariera Bistrița (Arnota).

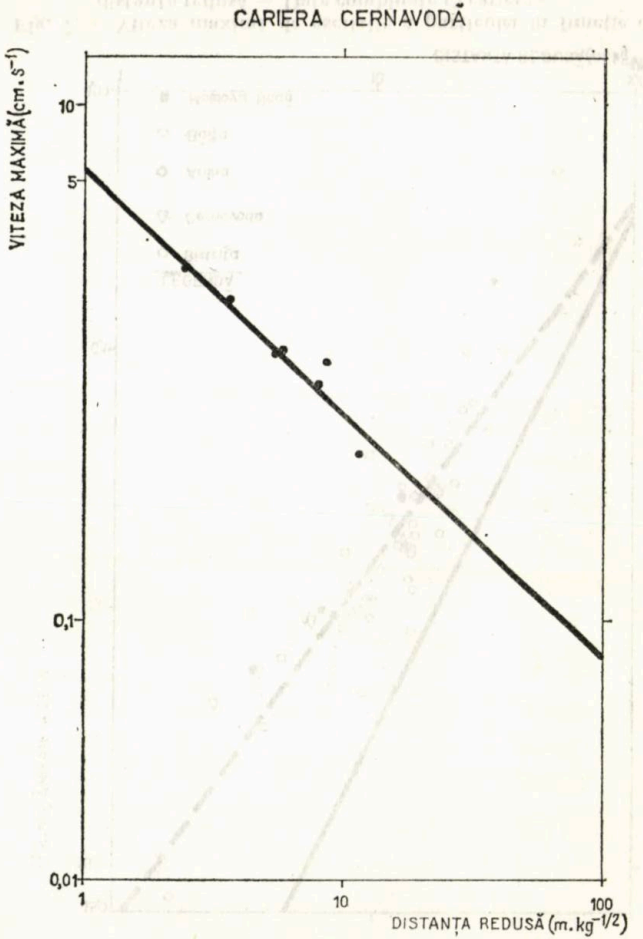


Fig. 5. — Viteza maximă de oscilație a particulei în funcție de distanța redusă — Cariera Cernavodă.

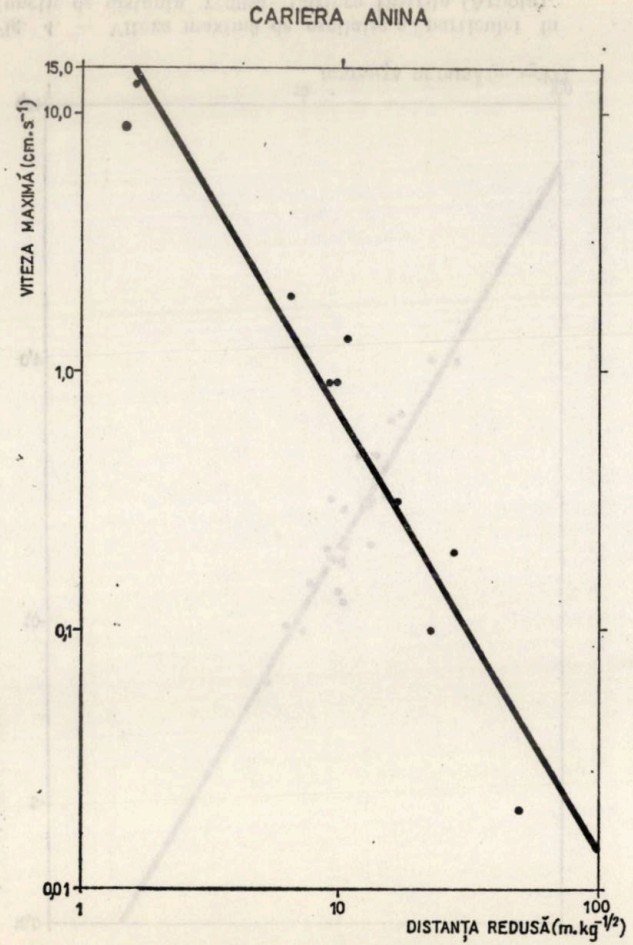


Fig. 6. — Viteza maximă de oscilație a particulei în funcție de distanța redusă — Cariera Anina.

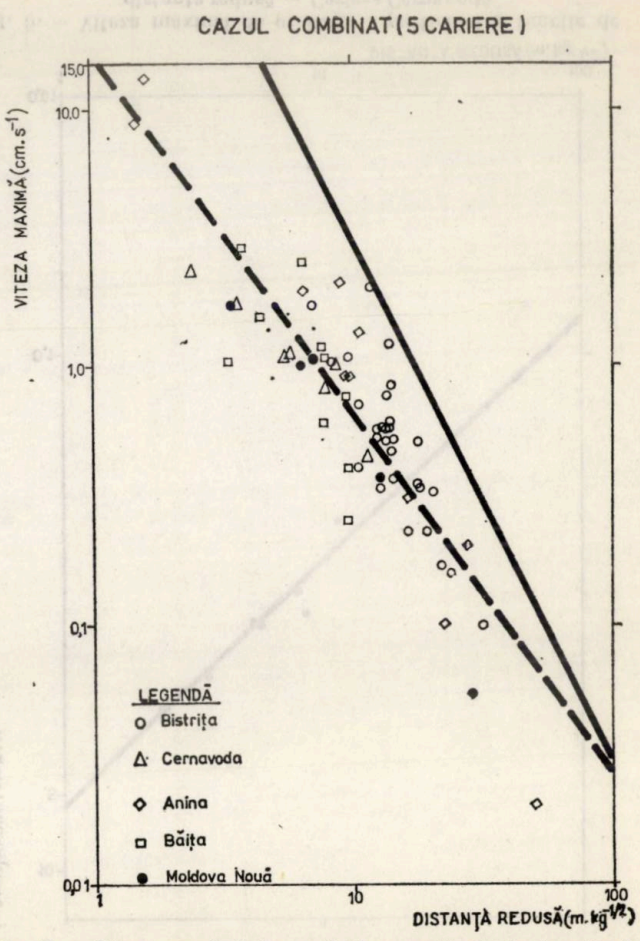


Fig. 7. — Viteza maximă de oscilație a particulei în funcție de distanța redusă — Date combinate (5 cariere).

mină, cu ajutorul relațiilor (4) și/sau (5), încărcăturile sau distanțele permisibile sau se pot construi nomograme, de tipul celei din figura 3, pentru determinarea grafică a rezultatelor.

Tabela 4

Constantele regresiei liniare

Cariera	K (din relația (3))	B (din relația (3))	Factorul de calitate
Arnota	44,15	1,70	0,88
Cernavodă	5,59	0,94	0,95
Anina	32,25	1,68	0,96
Cazul combinat (5 cariere)	16,49	1,40	0,89

În tabela 5 sînt prezentate încărcăturile de exploziv, în funcție de distanță, pentru cîteva valori ale distanței reduse.

Tabela 5

Cantitatea de exploziv (echivalent AM – 1) în funcție de distanță pentru diferite distanțe reduse. (Cantitatea de exploziv se referă la încărcătura maximă pe treaptă)

	$W_{max.\ tr.}$ (kg. echiv. AM–1)								
Distanța S.D. (m) / $(m/kg^{1}/_{2})$	500	600	700	800	900	1000	1250	1500	2000
50	100	144	196	256	324	400	625	900	1600
40	156	225	306	400	506	625	977	1406	2500
30	278	400	545	711	900	1111	1736	2500	4445
25	400	576	784	1024	1296	1600	2500	3600	6400
23	473	681	926	1210	1531	1890	2954	4253	7561
20	625	900	1225	1600	2025	2500	3906	5625	10000
15	1111	1600	2178	2844	3600	4445	6945	10000	17778
12	1736	2500	3403	4445	5625	6945	10851	15625	27778
10	2500	3600	4900	6400	8100	10000	15625	22500	40000
8	3906	5625	7650	10000	12650	15625	24414	35156	62500
5	10000	14400	19600	25600	32400	40000	62500	90000	160000
2,5	40000	576000	78400	102400	129600	160000	250000	360000	640000

În figura 7 este prezentată, pe lîngă dreapta care reprezintă valoarea medie în cazul combinării datelor de la 5 cariere (linia întreruptă), o a doua dreaptă (linia continuă) care este limita superioară a înfășurătorii tuturor datelor folosite. Încă nu știm dacă aceste date reprezintă un eșantion aleatoriu reprezentativ pentru toate carierele din România.

Pentru cazul combinat al celor cinci cariere, reprezentat în figura 7, putem prezenta corespondența între distanța redusă (S.D.) și nivelul de vibrație, v_{max} (reprezentat prin viteza de maximă de oscilație), conform tabelei 6.

Tabela 6

Corespondența dintre distanța redusă și nivelele de vibrație pentru cazul concret al figurii 7 (cazul combinat al celor cinci cariere)

S.D. $(m/kg^{1/2})$	55	40	30	25	20	18	15	13	10	8
v_{max} (cm/s)	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1	1,5	2	3	5

Menționăm că datele din tabela 6 se referă la limita superioară (la înfășurătoarea datelor).

CONCLUZII

Lucrarea a făcut o analiză a controlului seismic al exploziilor de derocare din cinci cariere (Bistriţa, Cernavodă, Anina, Suvarov şi Băiţa) utilizînd metoda „formulei de propagare".

Au fost prezentate rezultatele numerice şi grafice care permit alegerea parametrilor admisibili ai exploziilor.

Astfel, pe baza figurii 7, pentru cazul celor cinci cariere putem indica următoarele valori ale distanţelor reduse (S.D.) în funcţie de nivelul de vibraţie admis :

Tipul structurii	*Nivelul admis al vibraţiei* (cm/s)	*Distanţa redusă, S.D.* ($m/kg^{1/2}$)
1) Monumente istorice vechi	0,1—0,2	55—40
2) Clădiri cu degradări vizibile	0,3—0,5	30—25
3) Clădiri de locuit dispuse în ansambluri	0,8—1,0	23—20
4) Clădiri de locuit izolate	1,5—2,0	15—12
5) Instalaţii şi clădiri industriale	după prescripţii	se stabileşte folosind fig. 7

În lipsa controlului instrumental al carierei se pot folosi aceste distanţe reduse indicate mai sus. Valoarea distanţei reduse de 23 $m/kg^{1/2}$ (pentru clădiri de locuit) se încadrează în valorile de mai sus, recomandîndu-se a se respecta în cazul controlului neinstrumental. Deoarece, în anumite cazuri, valorile de mai sus pot fi restrictive este indicat să se facă controlul instrumental în carierele respective.

Pentru realizarea controlului instrumental (supravegherea seismică) este suficientă o singură staţie (cu trei componente) dacă se măsoară cel puţin 5 pînă la 8 explozii în fiecare carieră. Pentru evitarea efectelor direcţionale (datorate geologiei amplasamentului) se recomandă colectarea de date din mai multe azimuturi. Stabilirea unei legi de propagare (de felul celor prezentate în fig. 4—7) permite efectuarea exploziilor în limite care să nu depăşească nivelele admisibile.

În încheiere mulţumim tovarăşului ing. Gheorghe Ionescu pentru sprijinul acordat la efectuarea regresiilor liniare la calculatorul HP 9830.

Primit la redacţie
în 25 ianuarie 1978

BIBLIOGRAFIE

BERGER, P. R. (1971), *Blasting seismology. An update on criteria, regulations and instrumentation.* Pit & Quarry **63**, 83—86.

BUZDUGAN, GH., BLUMENFELD, M., COSAC, V., RADEŞ, M. şi MIHĂILESCU, E. (1976), *Relaţii cantitative privitoare la prevenirea efectelor dăunătoare ale derocărilor prin explozii.* Sinteză documentară, C.N.S.T., I.N.I.D., Bucureşti, 37 p.

CRANDELL, F. J. (1949), *Ground vibrations due to blasting and its effect upon structures.* J. Boston Soc. Civ. Eng. **36**, 222—245.

DUVALL, W. I., FOGELSON, D. E. (1962), *Review of criteria for estimating damage to residences from blasting vibrations.* USBuMines Rept. of Inv. 5968, 19 p.

EDWARDS, A. T., NORTHWOOD, T. D. (1960), *Experimental studies of the effects of blasting on structures.* The Engineer, **210**, 538—546.

ENESCU D., RADU, C., MÂRZA. V. (1971), *Cercetări privind efectul seismic al exploziilor produse în cariere*. St. cerc. geol., geofiz., geogr., seria Geofizică, **9**, 249—264.
ENESCU, D., RADU, C., MÂRZA, V. (1973), *Contribuţii la studiul efectului seismic ale xploziilor asupra construcţiilor*. St. cerc. geol., geofiz., geogr., seria Geofizică, **11**, 51—69.
GREENLAND, B. J., KNOWLES, J. D. (1970), *Environmental considerations of quarry blasting*, Quarry Mgrs' J. **54**, 371—381.
I.C.I. (1972), *Explosives in quarrying*. Nobel's Explosives Comp. Ltd., Stevenston, 12p.
LANGEFORS, U., KIHLSTROM, B., WESTERBERG, H. (1958), *Ground vibrations in blasting*, Water Power, **10**, 335—338, 390—395, 421—424.
MÂRZA, V. (1977), *Blasting seismology: Dimensional analysis considerations of scaling laws*, Rev. Roum. Géol. Géophys. Géogr., Géophysique, **21**, 39—41.
MÂRZA, V. (1978), *Seismologia exploziilor din cariere: O introducere în problemele ei*. St. tehnice şi economice, seria D, Geofizică, **12** (sub tipar).
MEDVEDEV, S. V. (1968), *Evaluation of seismic safety during blasting operations in mines*, Bull. Earthq. Res. Inst., **46**, 687—696.
MORRIS, G. (1950), *Vibrations due to blasting and their effects on building structures*. The Engineer, **190**, 394, 414—418.
NICHOLLS, H. R., JOHNSON, C.F., DUVALL, W. I. (1971), *Blasting vibrations and their effects on structures*. USBuMines Bull., 656, 105 p.
ROWE, R— H. (1973), *The quarrying industry and the environment* —Noise, Quarry Mgrs' J., 57: 92—99.
SAIN, C. H. (1973), *An approach to blasting problems*. Pit & Quarry, **65**, 86—88.

CONTRIBUTIONS TO BLASTING SEISMOLOGY

(ABSTRACT)

The vibration control of quarry blasts based on 'propagation formula' method is presented. After a general review of the safe vibration levels, one applies the method to five quarries : Bistriţa, Anina, Cernavodă, Moldova Nouă and Băiţa.

The obtained practical results are useful both for quarrying optimisation and for environment protection.

VALORI ALE FLUXULUI TERMIC AL PĂMÎNTULUI ÎN UNELE UNITĂȚI TECTONICE DIN R.S.ROMÂNIA

DE

CRIȘAN DEMETRESCU

Centrul de fizica Pămîntului și seismologie, București — Măgurele, București C.P. 5202

INTRODUCERE

În ultimii ani s-a acordat o atenție sporită studiului cîmpului geotermic pe teritoriul României. Colectarea și interpretarea datelor de carotaj (Negoiță, 1970; Neguț, 1972) și a datelor privind temperatura diferitelor formațiuni producătoare de țiței și gaze (Cristian et al., 1969; 1971; Paraschiv și Cristian, 1973; 1975; 1976) au condus la obținerea de informații utile asupra distribuției regionale a temperaturii. S-au făcut, de asemenea, încercări de utilizare a datelor de temperatură pentru deducerea fluxului termic (Negoiță, 1970; Paraschiv și Cristian, 1973; 1975), dar valorile prezentate nu sînt decît estimări bazate pe conductivități termice citate din literatură. O primă încercare de a deduce fluxul termic utilizînd conductivități termice măsurate ale rocilor (Demetrescu, 1973 a) a scos în evidență incompatibilitatea datelor de carotaj cu scopul propus, în special datorită timpului foarte scurt dintre oprirea circulației fluidului de foraj și efectuarea măsurătorii de temperatură. Veliciu et al. (1977)au prezentat valori de flux termic bazate pe date asupra temperaturii diferitelor formațiuni productive și pe măsurători de conductivitate termică efectuate pe carote prin metoda acului.

În articolul de față sînt prezentate determinări de flux termic efectuate în Carpații Orientali (zona vulcanismului neogen și nucleul cristalin) și în Bazinul Transilvaniei, pentru foraje care au întrunit condiții favorabile atît din punct de vedere al posibilității efectuării unor măsurători de temperatură corecte, cît și din cel al posibilității colectării unor carote convenabile pentru măsurători de conductivitate termică.

Măsurătorile de temperatură au fost efectuate cu ajutorul unui termometru de sondă cu termistor, la intervale de 10 sau 20 m (Demetrescu, 1976). Lungimea cablului disponibil a limitat adîncimea maximă investigată la 1 000 m. Precizia măsurătorilor punctuale a fost de $\pm 0{,}03°C$. S-au efectuat măsurători în găuri de sondă care au stat suficient în repaus după terminarea forajului.

Conductivitatea termică a rocilor a fost măsurată cu ajutorul aparatului cu bare cu diferență constantă de temperatură și inel de gardă, descris într-o lucrare anterioară (Demetrescu, 1973 b). Ori de cîte ori a fost posibil, s-a utilizat metodica standard cu cel puțin trei discuri de grosimi diferite, saturate cu apă. În cazul anumitor roci sedimentare ce se distrugeau în timpul saturării cu apă, s-a măsurat conductivitatea rocii saturate cu petrol sau cu aer, calculîndu-se apoi conductivitatea rocii sa-

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 1, P. 35–46, BUCUREȘTI, 1979

turate cu apă (Demetrescu, 1977 c). În cîteva cazuri s-au efectuat măsurători pe fragmente (Demetrescu, 1977 b).

Pentru fiecare secţiune litologică cu conductivitate termică cunoscută s-a făcut produsul dintre aceasta şi gradientul termic, fluxul termic pentru zona respectivă rezultînd ca medie a valorilor obţinute pentru fiecare strat în parte. În articol este prezentată de asemenea, ca alternativă, o metodă de calculare a fluxului termic pentru situaţiile în care, neavînd informaţii privind conductivitatea termică a rocilor pe toată adîncimea investigată, nu se poate aplica bine cunoscuta metodă a lui Bullard.

Rezultatele obţinute

Distribuţia forajelor cercetate, precum şi valorile obţinute în cadrul lucrării de faţă, sînt redate în figura 1. Informaţiile necesare sînt sintetizate în tabela 1.

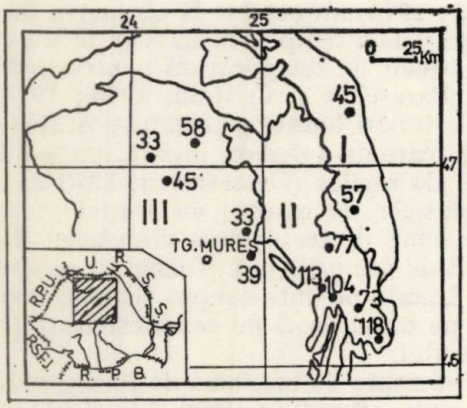


Fig. 1.— Distribuţia valorilor de flux termic. I — Nucleul cristalin al Carpaţilor Orientali, II — Zona vulcanismului neogen, III — Bazinul Transilvaniei. Unităţi — mWm^{-2}.

Întrucît spaţiul disponibil nu permite descrierea detaliată a fiecărei determinări de flux termic, ne vom limita la prezentarea modului de prelucrare a datelor în cazul forajului 6-Broşteni, care prezintă mai multe aspecte caracteristice pentru determinările de flux termic. Vom face, de asemenea, unele precizări privind valorile obţinute pentru Bazinul Transilvaniei.

Variaţia cu adîncimea a temperaturii, gradientului geotermic şi a conductivităţii termice în forajul 6-Broşteni sînt redate în figura 2.

Conductivitatea termică a fost măsurată pe eşantioane confecţionate din nouă carote. Proba 3 (însemnată cu săgeată în fig. 2) a fost eliminată din calculele ulterioare, valoarea de 5,0 $Wm^{-1}K^{-1}$ datorîndu-se unui conţinut sporit de cuarţ în eşantioanele măsurate, nereprezentativ pentru roca în ansamblu.

Conductivitatea medie în intervalul 200—210 m a fost calculată în două moduri diferite :

a) Media conductivităţii rocii porfiroide (probele 4 şi 5) şi a şistului cuarţitic sericito-cloritos (proba 6), în valoare de 2,95 $Wm^{-1}K^{-1}$.

Tabela 1

Date de flux termic

Nr. crt.	Forajul	Latitudine	Longitudine	Elevaţie (m)	Interval cercetat (m)	Temperatura		Conductivitate		Flux termic (mWm^{-2})	Eroare a b (%)
						Interv. măs. (m)	Gradient geot. mediu (mKm^{-1})	Nr. carote	Medie ($Wm^{-1}K^{-1}$)		
	Nucleul cristalin										
1	6—Broşteni	47°15,4′	25°41,6′	823	40—320	10	15	9	3,3	45	±6,3 ±7
2	281—Bălan	46 39,7	25 47,3	1018	100—530	10	22	2	3,6	57	— 7
	Zona vulcanismului neogen										
3	2—Fierăstraie	46 35,9	25 30,2	1250	120—270	10	37	7	2,0	77	1,8 5
4	2—Vlăhiţa	46 21,2	25 31,4	950	30—220	10	63	3	1,6	104	6,2 7
5	33—Sîntimbru	46 18,4	25 43,6	1240	40—200	20	41	4	1,8	73	— 5
6	30—Ivo	46 23,7	25 25,6	1048	120—520	20	37	2	3,2	113	— 10
7	1—H—Tuşnad	46 8,7	25 51,6	600	20—540	20	70	4	2,7	118	13,4 15
	Bazinul Transilvaniei										
8	1—Măgherani	46 33,8	24 54,5	500	80—980	20	32	4	1,1	39	1,8 7
9	1—Chiheru	46 40,9	24 52,8	580	80—980	20	31	1	1,1	33	— 15
10	16—Fîntînele	46 56,1	24 16,6	374	80—980	20	32	1	1,5	45	— 20
11	4135—Bistriţa	47 7,5	24 30,4	400	100—3200	20	24	4	2,4	58	3,5 15
1 2	4141—Beudiu	47 3,7	24 10,3	350	100—3500	20	20	5	1,7	33	1,6 15

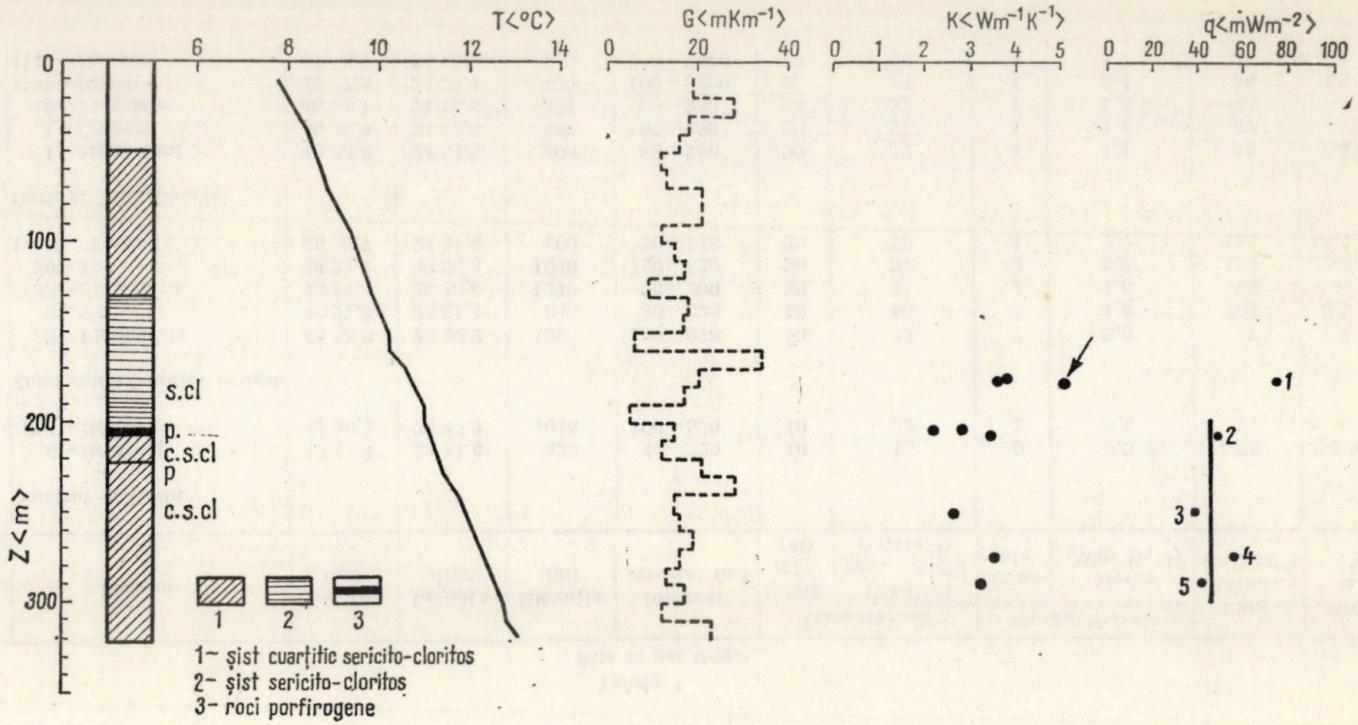


Fig. 2 — Temperatura, gradientul termic, conductivitatea termică a rocilor şi fluxul termic — forajul 6-Broşteni.

b) Conductivitatea echivalentă, ținînd cont de stratificarea reală: 200—203,35 m — șist cuarțitic sericito-cloritos (conductivitate termică 3,4 $Wm^{-1}K^{-1}$), 203,35—207,10 m — rocă porfiroidă (2,5 $Wm^{-1}K^{-1}$), 207,10—210 m — șist cuarțitic sericito-cloritos (3,4 $Wm^{-1}K^{-1}$), în valoare de 3,2 $Wm^{-1}K^{-1}$.

Pentru fluxul termic în intervalul 200—210 m s-au obținut valorile 44 mWm^{-2} și respectiv 48 mWm^{-2}, diferență care nu influențează practic media aritmetică a fluxurilor termice pe toată adîncimea investigată (51 față de 52 mWm^{-2}). Dacă la calcularea fluxului termic mediu nu se ia în considerație intervalul 170—180 m, care pare să contribuie cu o valoare prea mare (punctul 1 din partea dreaptă a figurii 2), se obține valoarea de 46 mWm^{-2}.

Ținînd cont de relația de definiție a fluxului termic, $q = GK$, acesta poate fi calculat ca panta dreptei.

$$G = q\frac{1}{K}, \tag{1}$$

ce trece prin origine.

Rezultatul în cazul forajului 6-Broșteni este prezentat în figura 3. Dreapta a reprezintă relația dintre gradientul geotermic G și rezistivitatea termică $1/K$, calculată prin metoda celor mai mici pătrate, în cazul în care se iau în considerație toate valorile existente, iar dreapta b atunci cînd din calcule s-a eliminat punctul notat cu 1. S-au mai figurat și limitele de variație de +10% și —10% (cu linie punctată). Panta celor două drepte egală cu fluxul termic, este de 49 mWm^{-2} (a) și 45 mWm^{-2} (b), valori apropiate de cele calculate prin metoda mediei aritmetice.

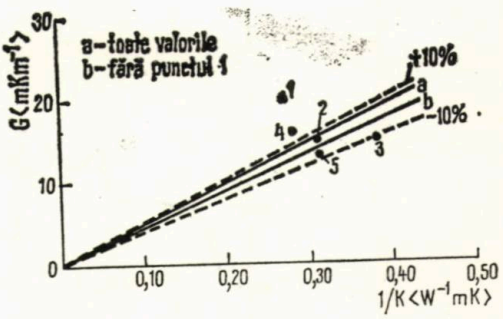


Fig. 3 — Relația gradient geotermic-rezistivitate termică, forajul 6-Broșteni.

Metoda propusă mai sus are avantajul că permite, ca și metoda Bullard, stabilirea mai ușoară a limitelor de precize ale valorilor obținute; în afară de aceasta, metoda este utilizabilă și în cazurile în care conductivitatea termică nu este cunoscută pe toată adîncimea investigată. Metoda mediei aritmetice are avantajul că permite detectarea unor eventuale variații ale fluxului termic cu adîncimea.

Erorile ce afectează o determinare de flux termic sînt ilustrate și de figurile 4—11. În tabela 1, în ultimele două coloane, figurează erorile asociate determinărilor de flux termic prezentate în acest articol, deduse

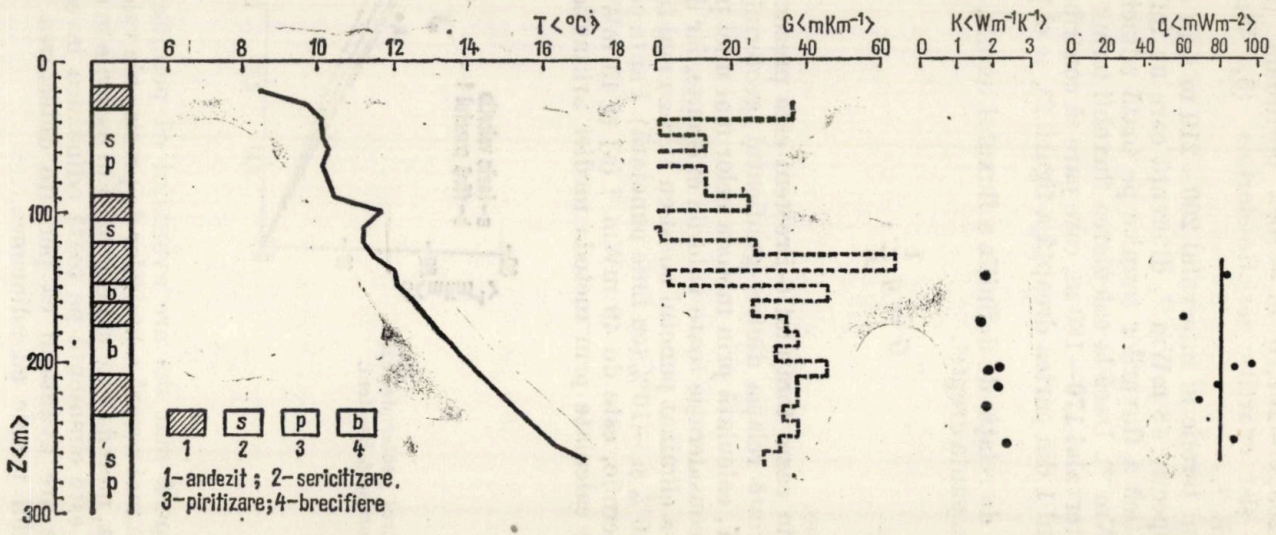


Fig. 4 — Temperatura, gradientul termic, conductivitatea termică a rocilor și fluxul termic — forajul 2-Fierăstraie.

prin metoda dreptei (1) și, respectiv, estimate pe baza calității datelor de temperatură și conductivitate.

În legătură cu variația fluxului termic pe verticală, într-o lucrare publicată în 1969 (Beck și Judge, 1969), în care sînt prezentate măsurători detaliate efectuate pentru elucidarea acestui aspect (eșantionarea rocilor

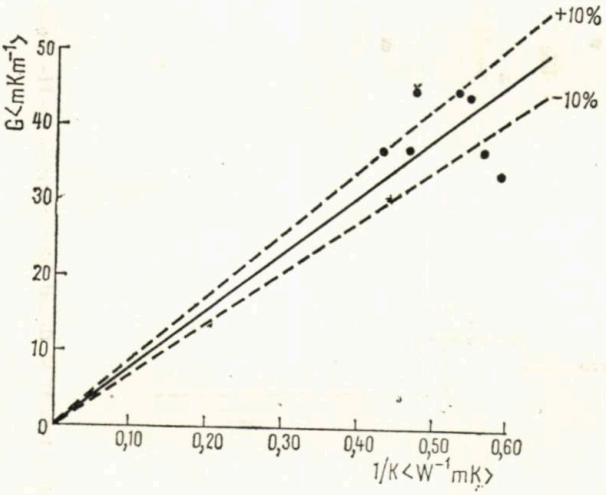


Fig. 5 — Relația gradient geotermic-rezistivitate termică, forajul 2-Fierăstraie.

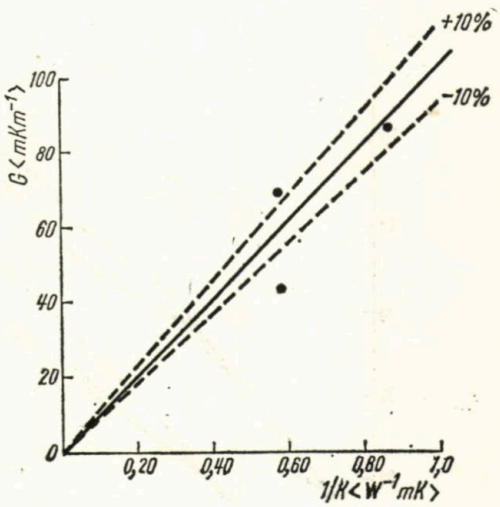


Fig. 6 — Relația gradient geotermic-rezistivitate termică, forajul 2-Vlăhița.

s-a făcut la intervale de 4 m, pe toată adîncimea de 600 m a sondei studiate), se semnalează diferențe de pînă la $\pm 20\%$ din cauze pe care autorii nu le-au putut clarifica. Acest rezultat, sprijinit și de experiența noastră, atrage atenția asupra precauției ce trebuie avută în vedere atunci cînd se atribuie o valoare de flux termic unui punct de pe teritoriul studiat, dedusă pe baza unei singure măsurători de conductivitate termică.

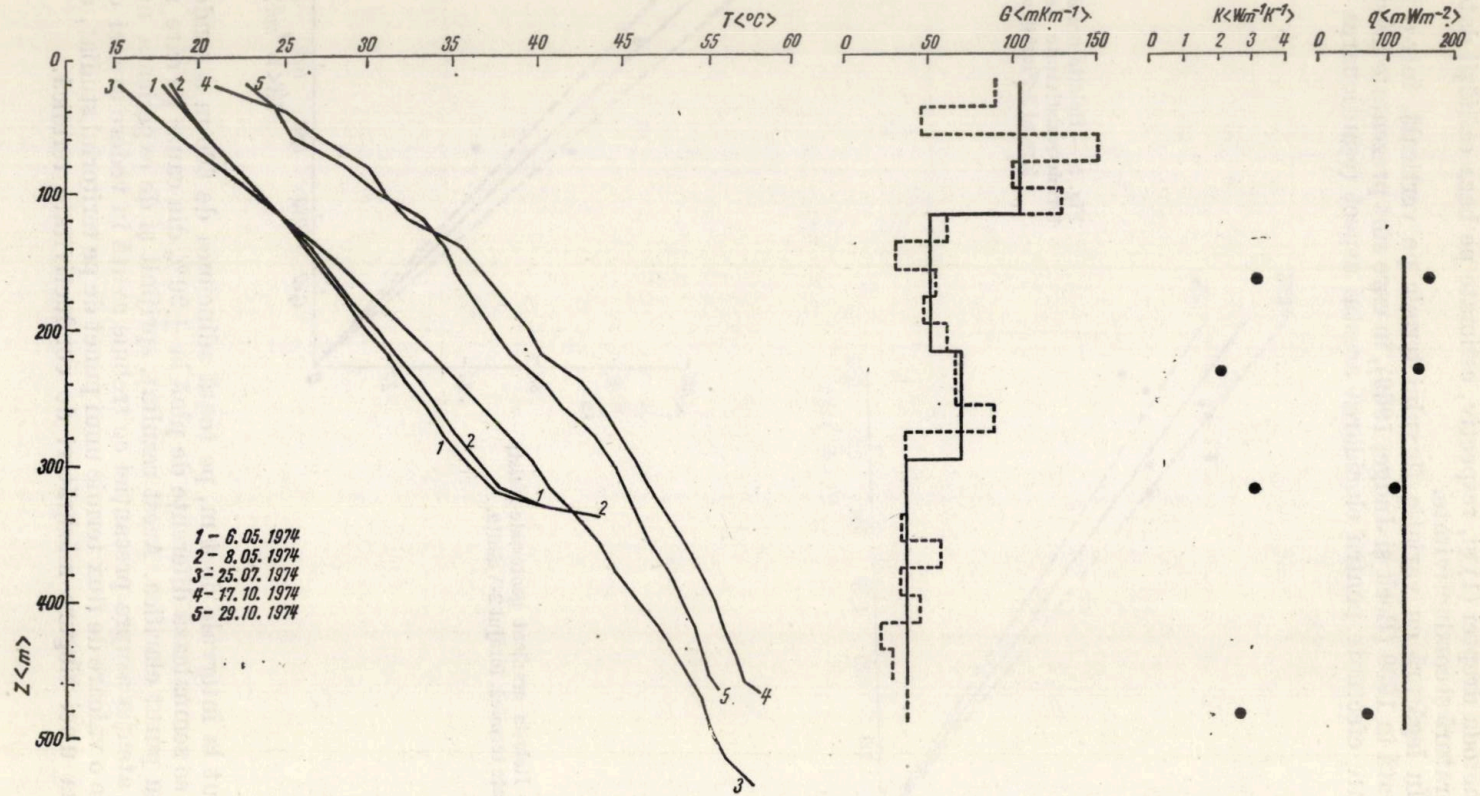


Fig. 7 — Temperatura, gradientul termic, conductivitatea termică a rocilor şi fluxul termic-forajul 1—H—Tuşnad.

În Bazinul Transilvaniei s-au făcut măsurători de temperatură și s-au colectat carote la forajele: 1—Măgherani, 1—Sărățeni, 1—Chiheru, 16—Fîntînele, 19—Bozed, 1—Nicolești. S-au colectat doar carote la forajele: 4 135—Bistrița, 4 141—Beudiu, 4 911—Ibănești; în privința temperaturii, la aceste foraje nu am dispus decît de termogramele de carotaj (Demetrescu, 1973 a).

Impedimentul principal în determinarea fluxului termic în cazul forajelor din Bazinul Transilvaniei l-a constituit numărul mic al carotelor din intervalul 0—1 000 m. Din acest interval am avut la dispoziție doar carote de la forajele: 1 — Măgherani, 1 — Sărățeni, 1—Chiheru.

Valorile conductivității termice a carotelor colectate de la forajul 1—Sărățeni au fost utilizate la determinarea fluxului termic în cazul forajului 1—Măgherani, dată fiind apropierea celor două foraje și litologia asemănătoare. Relația dintre gradientul geotermic și rezitivitatea termică a rocilor este reprezentată în figura 9. Menționăm că pentru intervalele 800—820 m și 900—920 m valoarea gradientului măsurat la 6 zile după oprirea forajului a fost mărită cu 25%, pe baza studiului descris într-o lucrare anterioară (Demetrescu, 1977a).

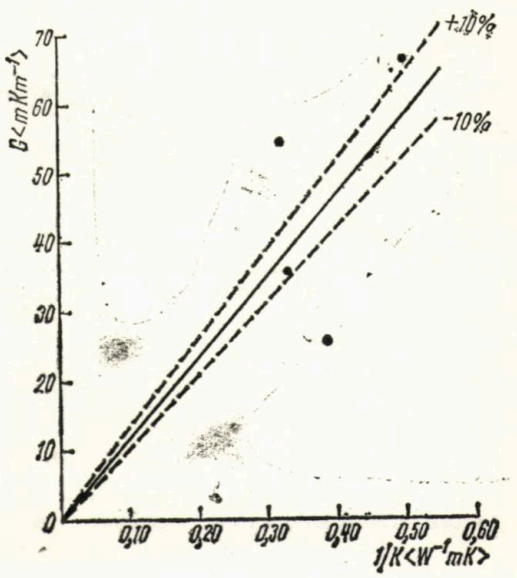


Fig. 8 — Relația gradient geotermic-rezistivitate termică, forajul 1—H—Tușnad.

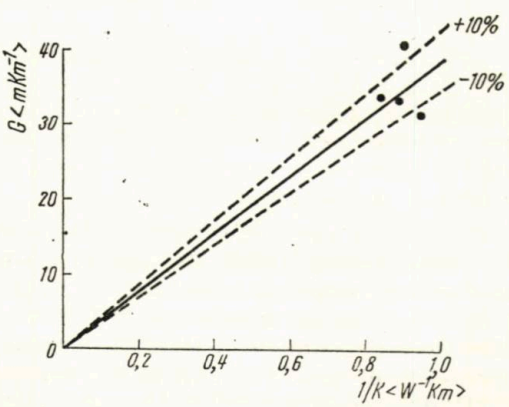


Fig. 9 — Relația gradient geotermic-rezistivitate termică, forajul 1—Măgherani.

În cazul forajului 16—Fîntînele, s-a obținut o valoare informativă asupra fluxului termic, prin utilizarea unei carote de la adîncimea de 1 092 m.

Relația dintre gradientul geotermic și rezistivitatea rocilor pentru forajele 4 135—Bistrița și 4 141—Beudiu este redată în figurile 10 și 11. Metoda pantei dă pentru cele două foraje valorile 43 mWm^{-2} și respectiv 25 mWm^{-2}. După cum am mai menționat, pentru calcularea gradientului termic în cazul acestor foraje s-au utilizat termograme de carotaj, efectuate la un timp foarte scurt

după terminarea forajului, fapt care duce la subestimarea gradientului geotermic; o corecție de 20—30% aplicată acestui parametru, pe baza rezultatelor prezentate de Demetrescu (1977 a), conduce la valori ale fluxului termic cuprinse între 52 și 58 mWm^{-2} pentru forajul de la Bistrița, și 30—33 mWm^{-2} pentru forajul Beudiu.

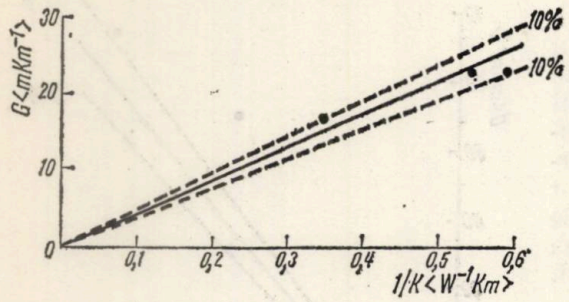


Fig. 10 — Relația graditent geotermic-rezistivitate termică, forajul 4 135—Bistrița.

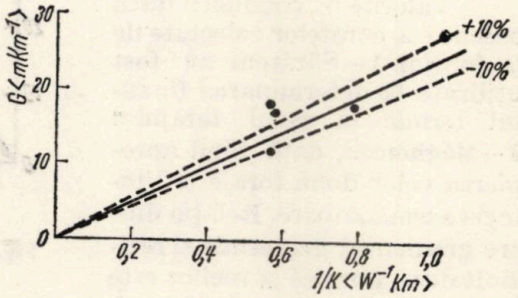


Fig. 11 — Relația gradient geotermic-rezistivitate termică, forajul 4 141—Beudiu.

Examinînd datele prezentate în tabela 1, se remarcă valorile mici găsite pentru fluxul termic în Bazinul Transilvaniei și nucleul cristalin al Carpaților Orientali, cu mult sub media mondială. Valorile de 70—120 mWm^{-2} sînt cele normale pentru zone vulcanice de vîrstă neogenă (Lee și Uyeda, 1965).

În ceea ce privește nucleul cristalin, evoluția tectonică complicată a zonei, cu ultimul eveniment termic petrecut în timpul mișcărilor orogenice hercinice (Pavelescu et al., 1976) și cu ridicări și subsidențe alpine succesive, face dificilă interpretarea valorilor obținute pentru fluxul termic fără date suplimentare, în special din zonele în care ultimele recristalizări metamorfice sînt de vîrstă alpină (kimerică).

Valorile scăzute obținute pentru Bazinul Transilvaniei au fost interpretate într-o lucrare anterioară (Demetrescu, 1978) ca datorîndu-se unui curent de convecție cu porțiunea coborîtoare sub această unitate tectonică. Ipoteza este în acord atît cu imaginea unor curenții subcrustali invocați în explicarea puternicei stări de anizostazie din Bazinul Transilvaniei (Gavăt et al., 1973; Constantinescu et al., 1976), cît și cu ipoteza unei subducții fosile în această zonă (Rădulescu et al., 1976). De asemenea, un astfel de curent de convecție poate fi rezultatul diapirismului activ al mantalei sub Depresiunea Panonică (Stegena et al., 1975). Desigur însă,

că pentru a putea decide asupra mecanismelor posibile, sînt necesare mai multe măsurători de flux termic, avînd în vedere atît tectonica foarte complicată, cît și faptul că datele prezentate provin numai din zone cu fundament foarte coborît.

★

Datele prezentate în acest articol constituie începutul efortului, ce se întreprinde în cadrul Centrului de fizica Pămîntului și seismologie, de a realiza o imagine la scară regională a distribuției fluxului termic pe teritoriul României, efort pe deplin justificat atît de implicațiile asupra modelelor evoluției tectonice a scoarței și mantalei superioare în zona studiată cît și de interesul crescînd în depistarea unor noi surse de energie.

Ținem să mulțumim și pe această cale conducerii Centralei gazului metan-Mediaș, IPEG Harghita și IPEG Suceava pentru permisiunea de a executa măsurători în foraje și de a colecta carotele necesare, precum și pentru sprijinul acordat.

Primit la redacție
la 10 februarie 1978

BIBLIOGRAFIE

BECK, A. E., JUDGE, A. S. (1969), *Analysis of Heat Flow Data-I, Detailed Observations in a Single Borehole.* Geophys. J. R. astr. Soc., **18**, 145—158.

CONSTANTINESCU, L., CONSTANTINESCU, P., CORNEA, I., LĂZĂRESCU, V. (1976), *Recent Seismic Information on the Lithosphere in Romania.* Rev. roum. géol., géophys., géogr., série de Géophysique, **20**, 33—41.

CRISTIAN, M., DOGARU, L., MOCUȚA, St. (1969), *Cu privire la variația temperaturii rocilor din principalele provincii petrogazeifere din R.S.R.*, Petrol și gaze, **20**, 578—581.

— (1971), *Considerații asupra regimului termic al sondelor de mare adîncime din Republica Socialistă România.* Petrol și gaze, **22**, 522—527.

DEMETRESCU, C. (1973 a), *Valori preliminare ale fluxului termic în Transilvania*, St. cerc. geol., geofiz,. geogr., Seria geofizică, **11**, 13—21.

— (1973 b), *Conductivitatea termică a unor roci din R. S. România.* St. cerc. geol., geofiz., geogr., Seria geofiz., **11**, 255—262.

— (1976), *Asupra distribuției temperaturii în adîncime în unele unități tectonice din România.* St. cerc. geol., geofiz., geogr., Seria geofiz., **14**, 189—199.

— (1977 a), *Cu privire la efectul lucrărilor de foraj asupra cîmpului termic natural.* St. cerc. geol., geofiz., geogr., Seria geofiz., **15**, 47—56.

— (1977 b), *Determinarea conductivității termice a rocilor prin măsurători pe fragmente de rocă.* St. cerc. geol., geofiz., geogr., Seria geofiz., **15**, 85—92.

— (1977 c), *The Thermal Conductivity of Some Sedimentary Rocks From the Transylvanian Depression — Romania*, Rev. roum. géol., géophys., géogr., serie de Géophysique, **21**, 301—307.

— (1978), *On the Geothermal Regime of Some Tectonic Units in Romania*, Pure appl. Geophys., **117**, 124—134.

GAVĂT, I., BOTEZATU, R., VISARION, M. (1973), *Interpretarea geologică a prospecțiunilor geofizice.* Ed. Academiei R.S.R.

LEE, W.H.K., UYEDA, S. (1965), *Review of Heat Flow Data*, în Lee, W.H.K. (Editor), *Terrestrial Heat Flow*, Geophys. Monogr., *8*, Am. Geophys. Un. Washington D.C., 87—190.

NEGOIȚĂ, N. (1970), *Étude sur la distribution des températures en Roumanie.* Rev. roum. géol., géophys., géogr., série de Géophysique, **14**, 25—30.

NEGUȚ, A., (1972), *Date preliminare asupra distribuției gradientului geotermic în Muntenia și Oltenia și aspecte ale măsurării conducției termice a rocilor*, Bul. Inst. petrol, gaze și geologie, **19**, 27—35.

PARASCHIV, D., CRISTIAN, M. (1973), *Asupra particularităților regimului geotermic în nord-estul Depresiunii panonice*. Petrol și gaze, **24**, 655—660.

PARASCHIV, D., CRISTIAN, M. (1975), *Cu privire la particularitățile regimului geotermic din sud-estul Depresiunii panonice*. Mine, petrol și gaze, **26**, 101—105.

PARASCHIV, D., CRISTIAN, M. (1976), *Cu privire la regimul geotermic al unităților structurale de interes pentru hidrocarburi din România*, St. cerc. geol., geofiz., geogr., seria Geofizică, **14**, 65—75.

PAVELESCU, L. POP, G., AILENEI, G., CRISTEA, I., SOROIU, M. (1976), *Evoluția nucleului cristalin al Carpaților Orientali în lumina datărilor radiometrice*. St. cerc. geol., geofiz., geogr., seria Geofiz., **14**, 39—49.

RĂDULESCU, D. P., CORNEA, I., SĂNDULESCU, M., CONSTANTINESCU, P. RĂDULESCU, F., POMPILIAN, Al. (1976), *Structure de la croûte terrestre en Roumanie, Essai d'interprétation des études sismiques profondes*. Anuarul Institutului de geologie și geofizică, **L**, 5—36.

STEGENA, L., CÉCZY, B., HORVÁTH, F. (1975), *Late cenozoic evolution of the Pannonian Basin*. Tectonophysics, **26**, 71—91.

VELICIU, S., CRISTIAN, M., PARASCHIV, D., VISARION, M. (1977), *Preliminary data of heat flow distribution in Romania*. Geothermics, **6**, 20—25.

HEAT FLOW VALUES FOR SOME TECTONIC UNITS IN ROMANIA

(ABSTRACT)

Heat flow determinations in Eastern Carpathians (crystalline nucleus and Neogene volcanic zone) and Transylvania Basin are presented. Low heat flow values of 45—57 mWm^{-2} and 33—58 mWm^{-2} were found for the crystalline nucleus and Transylvanian Basin, respectively. A high heat flow of 70—120 mWm^{-2} is characteristic of the Neogene volcanic area.

IPOTEZĂ ASUPRA SURSEI ANOMALIEI MAGNETICE PRODUSĂ DE MASIVUL DE ROCI ALCALINE DE LA DITRĂU REZULTATĂ DIN APLICAREA UNUI PROCEDEU DE ANALIZĂ SPECTRALĂ

DE

RADU BOTEZATU şi CONSTANTIN CALOTĂ

Universitatea din Bucureşti

INTRODUCERE

Separarea anomaliilor individuale, produse de surse distincte, care se cumulează într-o anomalie magnetică unitară obţinută ca rezultat al prospecţiunii magnetice aero sau la sol, reprezintă una din problemele esenţiale ale stabilirii semnificaţiei geologice a unor astfel de anomalii. Pentru o corectă interpretare geologică a acestor anomalii este necesară o prealabilă separare a anomaliilor individuale care sînt produse de principalele contraste de proprietăţi magnetice legate de structura geologică prospectată. În esenţă deci, unei asemenea separări îi corespunde o separare a contrastelor de proprietăţi magnetice care stau la baza anomaliilor individuale şi care apoi vor putea fi interpretate în mod corect sub formă de cauze geologice definite şi distincte.

Problematica şi exigenţele actuale pun în faţa geofizicii româneşti şi, în particular, a prospecţiunii magnetice, necesitatea de a răspunde la unele probleme de geologie structurală sau economică de o subtilitate din ce în ce mai mare.

Unul din domeniile de vîrf pentru care magnetometria şi-a demonstrat din plin abilitatea de a aduce informaţii geologice utile este acela al studiului magmatitelor de diferite tipuri, forme structurale sau vîrste geologice de care pot fi legate diverse feluri de mineralizaţii metalifere.

Referitor la astfel de probleme, care se concretizează în mod curent în prospectarea magnetometrică a unei structuri magmatice sau a unei zone care cuprinde mai multe structuri, rezultatul prospecţiunii — sub forma distribuţiei anormale a cîmpului geomagnetic — prezintă la primul contact cu harta magnetică privită calitativ, în general, următoarele:

— una sau mai multe anomalii unipolare;

— una sau mai multe anomalii bipolare;

— zone de valori staţionare în repartiţia mărimilor anomale magnetice;

— zone de perturbaţii mai slabe sau mai intense, cu caracter accentuat local, dînd acestora un aspect mozaicat.

Confruntarea unor astfel de hărţi magnetice cu cele geologice, în cazul fericit în care există o cartare geologică la un grad de detaliere comparabil şi rocile responsabile de anomaliile magnetice sînt la suprafaţă, clarifică

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 1, P. 47–66, BUCUREŞTI, 1979

unele probleme dar duce adesea la contradicţii de neexplicat şi care rămîn nerezolvate.

În realitate, aceste contradicţii sînt numai aparente şi ele provin din neputinţa de a analiza, pe baza unei fundamentări ştiinţifice riguroase anomaliile magnetice în cauză, deoarece la baza acestora stau o serie de surse dintre care amintim ca mai importante :

— diferenţieri petrografice ale rocilor, aparţinînd mai multor veniri magmatice ;

— forme de zăcămînt diferite ale diferenţiatelor magmatice care constituie în prezent un acelaşi corp ;

— variaţii ale proprietăţilor magnetice ca urmare a proceselor post-magmatice, între care hidrotermalizarea ocupă un loc de prim ordin ;

— diferenţieri ale proprietăţilor magnetice ale rocilor în care sînt puse în loc magmatitele (skarne, corneene) prin procese de metasomatism de contact ;

— prezenţa unor acumulări de substanţe minerale utile în zăcăminte de diferite tipuri (filoane, volburi, stock-uri, lentile, mineralizaţii disperse etc.).

Un prim pas care se poate face este acela de a stabili numărul de surse principale care participă în mod efectiv la crearea unei anomalii magnetice cumulate. Este folosit termenul de sursă principală deoarece în cadrul aceleiaşi structuri geologice numărul de surse poate fi mare, însă, efectiv nu pot intra în discuţie decît acelea care prin intensităţile anomaliilor individuale pe care le produc rămîn cartabile, respectiv depăşesc de cîteva ori nivelul erorilor de măsurare şi prelucrare în faza de construire a hărţii magnetice.

Singura cale cunoscută pînă în prezent pentru separarea numărului de surse este bazată pe analiza de frecvenţă sau analiza armonică. Procedeul elaborat pe această bază a fost verificat pe modele teoretice şi aplicat într-o serie de cazuri concrete privind anomalii gravimetrice sau magnetice din ţara noastră (Botezatu, Calotă, 1968 ; Botezatu, 1970 a ; Botezatu, 1970 b ; Botezatu, 1971 ; Botezatu, Dumitriu, 1972, Botezatu et al., 1976).

Ulterior, plecînd de la conceptul de separare a surselor de anomalii individuale cumulate într-o anomalie magnetică unitară pe baza analizei de frecvenţă, a fost depăşit stadiul procedeului deja stabilit la care ne-am referit mai sus, prin următoarele :

— extinderea analizei de la cazul profilelor la acela al distribuţiei anomaliilor în suprafaţă, concretizată în hărţi magnetice ;

— folosirea spectrului mediu de amplitudine al transformatei directe Fourier a distribuţiei de valori magnetice ;

— elaborarea unei forme simple şi sugestive de reprezentare grafică a rezultatelor care să permită evidenţierea directă a numărului de surse principale ;

— automatizarea calculelor prin elaborarea algoritmului şi programului pe calculatorul electronic.

Prin aceasta s-a concretizat un nou procedeu, riguros fundamentat ştiinţific şi prezentat într-o formă direct aplicabilă [1]. Acest procedeu a fost verificat pe cazuri teoretice ca şi pe anomalii gravimetrice produse de diferite tipuri de structuri geologice, obţinîndu-se bune rezultate.

[1] Fundamentarea teoretică a acestui nou procedeu, pentru cazul anomaliilor gravimetrice, aparţine lui C. Calotă.

În lucrarea de față se încearcă testarea procedeului în cazul unei anomalii magnetice. În mod deliberat s-a ales anomalia magnetică Ditrău atît pentru morfostructura ei complicată cît și pentru condițiile fizico-geologice de asemenea foarte complicate ca rezultat al unei structuri geologice de mare complexitate care o provoacă.

CONDIȚIONAREA FIZICO-GEOLOGICĂ A ANOMALIEI MAGNETICE DE LA DITRĂU

Ca orice altă anomalie de cîmp potențial, și anomalia cîmpului geomagnetic total care a fost cartată în regiunea Ditrău (Fig. 1) și care face obiectul prezentului studiu prin procedeul folosit, își are originea în condițiile

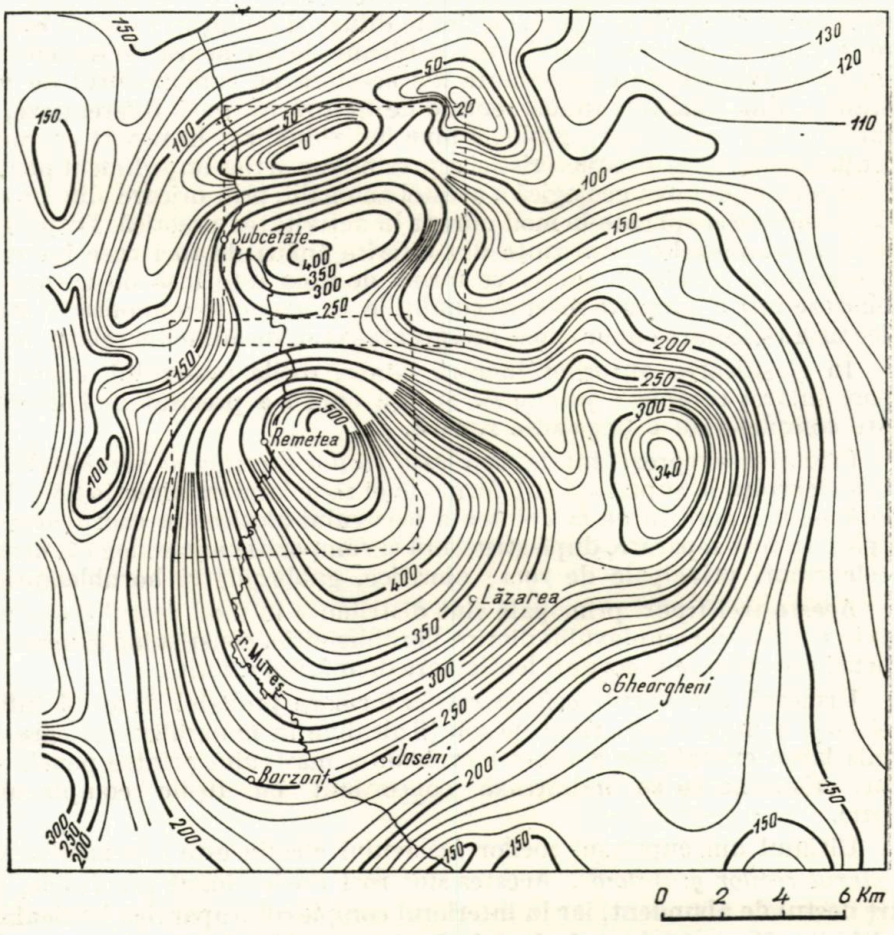


Fig. 1 — Imaginea anomaliei aeromagnetice ΔT produsă de masivul de roci alcaline de la Ditrău (după Tr. Cristescu și Al. Ștefănciuc, 1967).

fizico-geologice specifice ale acestei regiuni. Din punct de vedere fizic, aceste condiţii fizico-geologice se concretizează în nişte parametri fizici care determină forma, extinderea în suprafaţă şi intensitatea anomaliei magnetice şi care trebuie analizaţi sub dublul aspect al aplicării procedeului propus cît şi al stabilirii semnificaţiei geologice a rezultatelor obţinute prin aplicarea acestui procedeu.

O primă categorie de parametri este reprezentată de forma, mărimea şi adîncimea sursei geologice a anomaliei magnetice. În acest sens, din cartarea geologică şi din lucrările miniere şi forajele efectuate în regiune — care sînt în general de mică adîncime — cunoaştem următoarele:

Forma masivului de roci alcaline de la Ditrău, atît cît este accesibil observaţiei geologice directe, este aproximativ ovală cu dimensiuni de cca 15 km × 10 km şi are o suprafaţă deschisă de cca 170 kmp.

Structura generală a acestui masiv, (Codarcea şi colab., 1957) constituit în principal din complexe de roci stratificate, la care se adaugă forme masive nebulitice, relativ mici, cu limite difuze şi îndinţări în masa rocilor care le cuprind, precum şi dyke-uri şi filoane de asemenea de dimensiuni mici, ca şi raporturile concordante ale acestora cu fundamentul de roci cristaline, sînt trăsături fundamentale de natură să nu-l diferenţieze, în ansamblu, net, ca un corp geologic bine individualizat în raport cu rocile înconjurătoare. Aceste caracteristici reprezintă un serios impediment pentru analiza şi interpretarea geologică a acestei anomalii, prin oricare din procedeele cunoscute şi aplicate în mod curent în activitatea practică. Dispoziţia zonară a complexelor constituite din diferite tipuri de roci care îmbracă periclinal prin învelişuri succesive forma de dom este însă de natură să amelioreze într-o oarecare măsură condiţiile de generare a anomaliei magnetice prin reflectarea unor cauze de suprafaţă sau de adîncimi relativ mici.

În clasificarea autorilor lucrării citate, rocile masivului alcalin se împart în trei complexe principale şi, aşa cum s-a precizat mai înainte, aceste complexe au o dispoziţie zonară.

Primul este reprezentat de *complexul rocilor dioritice şi hornblenditice*, care se dezvoltă la suprafaţă sub forma unei zone largi cu direcţie SV—NE situată pe aria nordică de la Jolotca a masivului alcalin. În cadrul acestui complex au fost separate, după structură şi compoziţie mineralogică, următoarele tipuri principale de roci: dioritice, gabbroide şi hornblenditice.

Aceste trei tipuri principale sînt distribuite în mod destul de neuniform în cuprinsul complexului diorito-hornblenditic, constituind alternanţe de benzi stratificate şi corpuri lenticulare de mărimi diferite.

Urmează *complexul rocilor sienitice* formate probabil datorită influenţei largi a unor veniri tîrzii de soluţii alcaline în mineralizatori care au permis larga cristalizare a zonei marginale a masivului printre penele de şisturi cristaline ce se îndinţează concordant cu fişiile complexului dioritic.

Ultimul din cuprinsul rocilor masivului alcalin este reprezentat de *complexul rocilor granitoide*. Acestea sînt roci predominant granitoide, cu cuarţ destul de abundent, iar în interiorul complexului apar fişii lenticulare de diferite dimensiuni cu faciesuri sărace sau chiar lipsite de cuarţ. În varietăţile porfiroide şi în unele mai plagioclazice apare uneori hornblendă

verde și biotită verde asociate cu titanit. În varietățile mai aplitice și mai bogate în ortoclaz nu se mai întîlnesc decît sporadic lamele de biotită brună sau roșcată.

Caracterul de înveliș migmatitic al unui diapir anatectic profund, ca urmare a unor mobilizări metatectice și diferențieri metamorfice care au generat mase fluide ce au produs transferuri de substanțe alcaline, injecțiuni de fluide alcaline și mineralizate, și, în general, masiva alcalinizare metasomatică a șisturilor cristaline, este de asemenea o trăsătură importantă care conturează posibilitatea existenței unor surse diferențiate, contrastante după proprietățile lor magnetice, situate pe verticală și probabil la diferențe de adîncime apreciabile.

Așadar, din examinarea condițiilor fizico-geologice ce caracterizează structura de roci alcaline de la Ditrău apare, de la început, că deși aceasta nu se prezintă ca o structură net individualizată în raport cu rocile din jur, cel puțin așa cum reiese din datele geologice de suprafață, este de așteptat ca datorită caracteristicilor structurale și genetice să prezinte surse de anomalii magnetice, atît de suprafață cît și de adîncime, respectiv legate de însuși masivul alcalin și de relațiile lui cu rocile din adîncime corelativ cu condițiile care l-au generat.

Rezultă deci că masivul de roci alcaline de la Ditrău, cu toată complexitatea lui, prezintă „a priori" șanse ca să genereze o anomalie a cîmpului geomagnetic total care să însumeze mai multe efecte individuale produse atît de surse active magnetic situate la suprafață cît și în adîncime.

Acestea au fost premisele inițiale pe baza cărora s-a decis aplicarea unui procedeu nou de analiză, ca cel folosit în prezenta lucrare, cu toate că situația geologică este dintre cele mai complicate și ar fi fost preferabil pentru testarea procedeului o anomalie magnetică produsă de o cauză mai simplă și mai bine cunoscută geologic.

Al doilea parametru fizico-geologic care trebuie luat de la început în discuție este diferențierea după proprietățile magnetice ale diferitelor tipuri de roci care intră în constituția acestui masiv.

Din datele privind susceptibilitatea magnetică a unor probe de roci colectate de pe aria ocupată de masivul alcalin de la Ditrău, reiese că astfel de diferențieri există.

În tabela 1 au fost sintetizate aceste date, preferîndu-se indicarea domeniilor în care variază susceptibilitatea magnetică a fiecărui tip de rocă din următoarele două motive : pe de o parte numărul foarte variabil de probe de la un tip de rocă la altul și, pe de altă parte, domeniul mare în care variază această proprietate la același tip de rocă. În aceste condiții s-a considerat că determinarea unor valori medii nu ar putea avea o semnificație corectă. În acest fel, informațiile pe care ni le furnizează acest tabel trebuie privite numai cu caracter orientativ, ele referindu-se în principal la nivelul relativ de magnetizare al diferitelor tipuri de roci aparținînd masivului de roci alcaline de la Ditrău și al rocilor cristaline învecinate acestuia.

După cum se poate remarca, din datele avute la dispoziție lipsesc informații cu privire la rocile dioritice, hornblenditice și gabbroide.

Pentru a umple acest gol au fost consultate o serie de lucrări de sinteză care consemnează valori de susceptibilitate magnetică determinate

Tabela 1

Susceptibilitatea magnetică a unor roci aparţinînd masivului de roci alcaline de la Ditrău (10^{-6} uCGS)

Tipuri de rocă	Zona Belcina	Zona Lăzarea	Zona Jolotca
A. Şisturi cristaline			
Şist sericitos cu injecţii cuarţofeldspatice şi grafit	5–6	–	–
Şist sericitos cu biotit şi feldspatizări, limonitizat	15	–	–
B. Rocile masivului alcalin			
Sienodiorit holocristalin cu feldspat potasic abundent (cca. 5% minerale opace)	–	103	420
Sienit alcalin	2–31	300–523	8–945
Sienit cuarţifer	–	–	106–687
Sienit nefelinic gnaisic	–	–	360–1230
Microsienit	14–150	1 560	–
Porfirit sienitic	8–54	–	–
Roci granitoide	–	113	2–22
Lamprofir	–	–	147
C. Roci de contact			
Rocă cuarţoasă	6	–	–
Corneene cu biotit	5	–	17–87

pentru astfel de roci în diferite regiuni ale globului (Dobrin, 1952; Heiland, 1946; Jakoski, 1957; Logacev, 1951; Nettleton, 1940; Reich şi Zwerger, 1943). Aceste date sînt prezentate în tabela 2.

Tabela 2

Susceptibilitatea magnetică a unor roci după date generale din diferite regiuni ale pămîntului (10^{-6}uCGS)

Tipul de rocă	Nettleton	Reich şi Zwerger	Heiland	Logacev	Dobrin	Jakoski
Diorite	10 350	10–5 000	47	–	3 600–12 000	–
Gabbrouri	7 200	0–7 000	68–2 370	70–7 470	3 000–12 000	440–4 100
Hornblendite	–	100–900	–	–	–	–

La acestea se adaugă aprecierea noastră, pe baza valorilor obținute pentru astfel de roci în alte regiuni din România, că susceptibilitatea magnetică a rocilor gabbroide, hornblenditice și dioritice din masivul alcalin de la Ditrău se înscrie probabil în intervalul $3\,000 - 7\,000 \times 10^{-6}$ uCGS.

Deși informațiile pe care le avem la dispoziție sînt sărace și incomplete, apare clar că în ceea ce privește proprietățile magnetice ale rocilor din zona Ditrău putem accepta următoarele concluzii:

— rocile complexului cristalin, ca și rocile de contact, au susceptibilități magnetice care sînt cuprinse între valori de unități pînă la cîteva zeci de unități;

— în cadrul rocilor masivului alcalin apare o diferențiere netă pe două nivele de valori distincte și anume: pe deoparte complexul rocilor sienitice caracterizat prin valori de susceptibilitate magnetică ce se înscriu în domeniul sutelor de unități, cu posibilitatea de a depăși o mie de unități, și, pe de altă parte, complexul rocilor dioritice, gabbroide și hornblenditice caracterizat prin valori de mii de unități cu posibilitatea de a depăși zeci de mii de unități.

Așadar, din examinarea proprietăților magnetice ale rocilor de suprafață apare clar, corelativ și cu parametrii legați de structura internă a masivului de roci alcaline de la Ditrău, că față de rocile în care acesta se găsește inclus, cu proprietăți magnetice foarte scăzute și care vor produce un fond anormal ceva mai ridicat, există două surse de anomalii care își cumulează efectele în anomalia cartată, una cu susceptibilitate magnetică de ordinul sutelor de unități, iar cealaltă de ordinul miilor de unități.

Despre alte eventuale surse situate în adîncime care s-ar putea diferenția după proprietățile magnetice și care ar crea condiții de generare a unor anomalii magnetice care să se cumuleze cu cele care au o sursă de suprafață, nu avem nici o informație.

ANALIZA SPECTRALĂ A ANOMALIEI MAGNETICE DITRĂU

Anomalia cîmpului magnetic total cartată pe aria masivului de roci alcaline de la Ditrău se detașează net față de regiunile înconjurătoare ca un maxim magnetic regional, în ansamblu cu caracter unitar și bine individualizat. Spre deosebire însă de zonele periferice ale anomaliei, care au un aspect simplu și oarecum calm, pe aria aflorimentelor de roci aparținînd acestui masiv alcalin și care corespunde zonei apicale a anomaliei de maxim, cîmpul geomagnetic este puternic mozaicat conturînd mai multe anomalii relative de maxim și de minim, cu caracter mai mult sau mai puțin local și din care, numai o mică parte circumscriu aflorimente de roci sau structuri prezente la suprafață și apar deci evident raportabile cauzal la acestea. Forma, mărimea, orientarea și intensitatea acestor anomalii relative din zona apicală este, de asemenea, foarte diferită. Dintre acestea, sub raportul intensității anomaliilor cît și al localizării în cadrul complexului de roci alcaline apar de un interes particular îndeosebi două și anume cele din zonele Remetea-Ditrău și Jolotca-Dealul Înalt.

Morfostructura complicată a acestei anomalii magnetice cît și complexitatea structurii masivului de roci alcaline care o provoacă au sugerat autorilor prezentei lucrări să efectueze analiza spectrală folosind spectrul mediu de amplitudine al transformatei directe Fourier în două moduri diferite: pe deoparte separat pentru anomaliile locale Remetea-Ditrău

şi Jolotca-Dealul Înalt, şi, pe de altă parte, pentru anomalia magnetică produsă de întreg masivul din roci alcaline. Distribuţiile valorilor anomale luate în consideraţie pentru cele trei analize sînt marcate în figura 1 prin perimetrele lor care închid suprafeţe pătrate, pentru primele două figurate prin linie întreruptă şi pentru cea de-a treia prin linia plină care delimitează figura. Pentru cele două anomalii locale menţionate mai sus au fost folosite hărţi aeromagnetice mai detaliate, iar pentru întregul masiv harta cu caracter mai regional reprodusă în figura 1.

Anomalia magnetică Remetea-Ditrău

În această zonă, distribuţia cîmpului geomagnetic anomal, aşa cum apare din harta de detaliu, conturează în primul rînd o arie de maxim mai pronunţat, situată între Ditrău şi Remetea, cu o morfostructură complexă, avînd la rîndul ei trei zone de apex în care valorile anomale ating intensităţi de respectiv 900, 720 şi 550 gamma. În afara acestei anomalii principale de maxim, cîmpul anomal îmbracă un aspect puternic mozaicat, fiind fărîmiţat în anomalii care ocupă suprafeţe mici, au orientări diferite, sensuri alternante de maxim şi minim şi au intensităţi de ordinul zecilor pînă la cîteva sute de gamma.

Corelaţia directă dintre aceste anomalii cu repartiţia rocilor de diferite tipuri aparţinînd complexelor cartate la suprafaţă este practic nulă pentru anomalia principală Remetea-Ditrău, aceasta fiind plasată în general pe formaţiuni sedimentare de vîrstă cuaternară şi subordonat pe produse ale vulcanismului neogen de tipul piroclastitelor; corelaţia anomaliilor minore, îndeosebi a celor din vestul anomaliei principale este ceva mai bună la scară locală, aici predominînd la suprafaţă piroclastitele.

Din simpla confruntare a informaţiilor magnetice cu cele geologice rezultă de la început concluzia că anomalia de maxim geomagnetic Remetea-Ditrău, supusă analizei, are cauze ascunse.

Procedeul de separare a surselor individuale pe baza analizei de frecvenţă, a fost aplicat folosindu-se o matrice de calcul de 32 × 32 pe o reţea pătratică cu latura de 300 m.

În figura 2 este prezentată reprezentarea grafică la scară semilogaritmică a spectrului mediu de amplitudine, cu frecvenţa sau numărul de undă în abscisă şi amplitudinea medie în ordonată.

Examinarea spectrului mediu de amplitudine care consemnează în modul cel mai sintetic rezultatele procedeului aplicat ne arată că acesta este compus din 4 segmente cu pante distincte şi anume:

— un prim segment, în zona frecvenţelor mici, cu unghi de pantă de 76° faţă de orizontală;

— un al doilea segment, în domeniul frecvenţelor mai mari, cu unghi de pantă de 52° faţă de orizontală;

— un al treilea segment, în domeniul frecvenţelor şi mai mari, cu unghi de pantă de 29° faţă de orizontală;

— în fine, cel de-al patrulea segment, în domeniul frecvenţelor celor mai mari, cu unghi de pantă — 2°.

Pentru interpretarea acestui grafic precizăm următoarele, ca rezultat al studiului proprietăţilor unor astfel de spectre produse de modele teoretice:

— segmentele din spectrul de amplitudine situate în domeniile de

frecvenţe mai mici, respectiv de lungimi de undă mai mari, sînt raportabile unor surse individuale de anomalii situate la adîncimi mai mari;

— spre deosebire de cazurile teoretice, în care anomaliile cumulate care sînt tratate prin acest procedeu, au lateral valori din ce în ce mai mici tinzînd spre anulare, prezenţa unor alte anomalii — şi, mai ales, de dimensiuni mici — în zonele periferice ale matricei de calcul generează un segment suplimentar în spectrul mediu de amplitudine care nu reflectă o sursă de anomalie şi care, în general, are un unghi de pantă negativ;

— la evaluarea numărului de surse individuale de anomalii care îşi cumulează efectul în anomalia cartată, trebuie luate în considerare numai segmentele din spectrul mediu de amplitudine care au un unghi de pantă pozitiv faţă de orizontală.

Aşadar, în concluzie, aplicarea procedeului, conform rezultatului sintetic din figura 2, ne arată că această anomalie a cîmpului geomagnetic este rezultatul cumulării efectelor individuale a trei surse distincte de anomalii situate în poziţii diferite pe verticală, din care una de adîncime mare şi celelalte două de adîncimi din ce în ce mai mici.

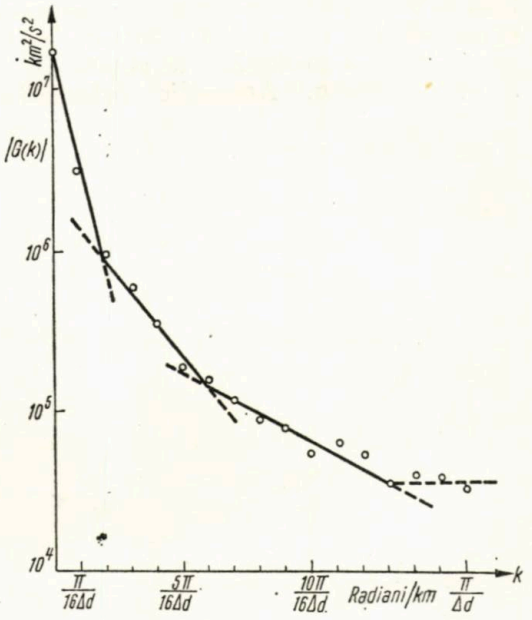


Fig. 2 — Spectrul mediu de amplitudine al anomaliei aeromagnetice ΔT din zona Remetea-Ditrău, calculat pe o reţea pătratică cu latura de 300 m.

Acest rezultat nu trebuie în nici un caz confundat cu concluzia aparentă care s-ar putea trage din faptul că zona apicală a acestui maxim magnetic are trei maxime locale distincte a căror origine, după părerea noastră, provine din relieful diferit al învelişului superior de roci alcaline, înecat sub formaţiuni cuaternare, şi care se găseşte în cele trei arii în care apar la distanţe mai apropiate de plafonul de zbor la care s-a făcut înregistrarea anomaliei; dealtfel, dacă privim numai maximul local dinspre periferia sudică a zonei maximale Remetea-Ditrău cu intensitate de 550 gamma, constatăm că este perfect comparabil cu celelalte anomalii de dimensiuni şi intensităţi mici ce caracterizează aria din afara anomaliei principale care face obiectul acestei analize. Aşadar, identitatea numărului de trei surse individuale trebuie considerată absolut întîmplătoare faţă de o interpretare calitativă a hărţii anomaliei magnetice din această regiune.

Anomalia magnetică Jolotca-Dealul Înalt

Distribuţia cîmpului magnetic anomal în această zonă la scara de detaliu, este dominată de prezenţa unei arii de maxim general situată între Jolotca, Dealul Înalt şi valea Rîului Mureş, în cuprinsul căreia se indivi-

dualizează în principal cinci închideri locale cu caracter de maxim mai accentuat în care valorile cîmpului ating respectiv 260, 1 050, 800, 800 şi 850 gamma ; la acestea s-ar mai putea adăuga încă patru, în poziţii mai periferice, cu intensităţi de 240, 190 şi 240 gamma. În afara acestei arii principale de maxim, cîmpul anomal este de asemenea perturbat de prezenţa unui număr mare de anomalii cu caracter evident local, avînd dimensiuni mici şi intensităţi care în general se înscriu în domeniul zecilor de gamma, excepţional atingînd 200 gamma.

Situaţia geologică de suprafaţă este mult diferită de cazul zonei Remetea-Ditrău. Anomalia Jolotca-Dealul Înalt—valea Rîului Mureş este situată pe diferite tipuri de roci aparţinînd complexului cristalin, rocilor alcaline ale masivului Ditrău, piroclastitelor şi unor vulcanite masive, precum şi în parte pe formaţiuni sedimentare de vîrstă cuaternară. Şi în acest caz, dacă pentru unele închideri anomale cu caracter local apar corelaţii cu aflorimente de anumite tipuri de roci avînd proprietăţi magnetice mai ridicate, în general şi, mai ales, pentru anomalia principală Jolotca-Dealul Înalt—valea Rîului Mureş — astfel de corelaţii nu apar cîtuşi de puţin evidente, anomaliile închizîndu-se pe diferite tipuri de roci şi neţinînd seama de trecerea de pe un tip de rocă pe altul.

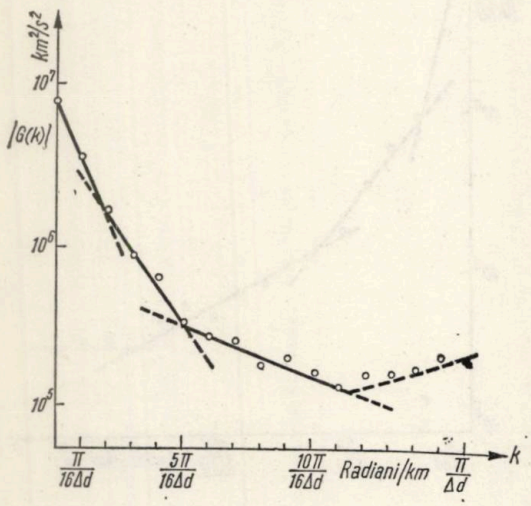


Fig. 3 — Spectrul mediu de amplitudine al anomaliei aeromagnetice ΔT din zona Jolotca-Dealul Înalt, calculat pe o reţea patratică cu latura de 300 m.

Aşadar, de la prima confruntare a anomaliei magnetice cu informaţiile geologice de suprafaţă apare evidentă concluzia că anomalia de maxim geomagnetic Jolotca-Dealul Înalt trebuie considerată ca o anomalie cu cauză sau cauze ascunse.

Procedeul de separare a surselor individuale de anomalii a fost aplicat în mod identic ca şi pentru cazul anomaliei Remetea-Ditrău.

Graficul spectrului mediu de amplitudine obţinut este prezentat în figura 3.

Examinarea şi acestui spectru mediu de amplitudine ne arată existenţa tot a patru segmente, dintre care ultimul, corespunzător frecvenţelor celor mai mari trebuie eliminat pentru raţiuni care au fost explicate în cazul discutat mai înainte.

Sînt deci de reţinut primele trei segmente şi anume :

— un prim segment, în domeniul frecvenţelor mici, cu unghi de pantă de 67° faţă de orizontală ;

— un al doilea segment, situat în zona frecvenţelor mai mari, cu unghi de pantă de 55° faţă de orizontală ;

— şi, un al treilea segment, în domeniul frecvenţelor şi mai mari, cu unghi de pantă de 22° faţă de orizontală.

Cel de-al patrulea segment, în domeniul frecvenţelor celor mai mari, neglijabil aşa cum s-a precizat, are de asemenea unghi de pantă negativ faţă de orizontală şi anume — 12°.

Ca o primă concluzie putem spune că aplicarea procedeului ne arată că şi anomalia magnetică Jolotca-Dealul Înalt reprezintă tot efectul cumulării anomaliilor individuale produse de trei surse distincte situate în poziţii diferite pe verticală.

Putem face de asemenea o observaţie importantă şi anume: este de precizat că în cazul analizei acestei anomalii prin procedeul folosit nu mai apare nici o posibilitate de confuzie eventuală cu concluziile unei interpretări calitative şi care ne-ar conduce, în mod eronat, la un număr de cinci sau chiar nouă surse de anomalii care participă la anomalia cartată. Aceasta vine în sprijinul afirmaţiei făcute cu ocazia discutării numărului de surse principale în cazul anomaliei Remetea-Ditrău.

Desigur, nu poate fi negată existenţa şi chiar importanţa acestor nouă surse de anomalii. Ele sînt însă de o natură în afara conceptului de formulare şi aplicare a procedeului folosit, fiind cu origine locală de suprafaţă sau de foarte mică adîncime şi producînd anomalii de asemenea cu caracter local care se grefează pe fondul general anomal produs de cele trei surse principale stabilite pe calea utilizată.

Anomalia magnetică produsă de întreg masivul de roci alcaline de la Ditrău

În fine, cel de-al doilea mod de aplicare al analizei spectrale s-a referit la harta anomaliei cîmpului geomagnetic pentru întreaga arie de manifestare a masivului de roci alcaline de la Ditrău aşa cum apare în figura 1.

Spectrul mediu de amplitudine, obţinut pe aceeaşi cale, folosind de data aceasta o reţea pătratică de 32 × 32 cu latura de 800 m, este prezentat în figura 4.

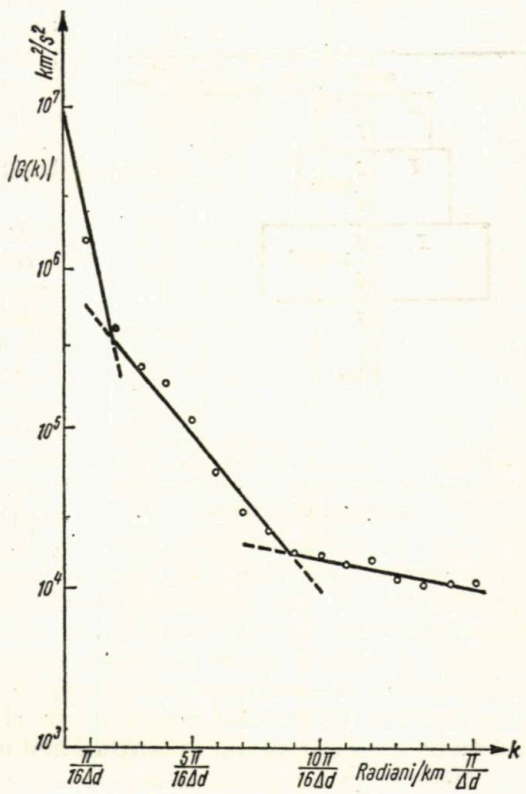


Fig. 4 — Spectrul mediu de amplitudine al anomaliei aeromagnetice ΔT produsă de întreg masivul de roci alcaline de la Ditrău, calculat pe o reţea pătratică cu latura de 800 m.

În acest caz spectrul conţine numai trei segmente distincte, ramura parazitară cu unghi în pantă negativ fiind absentă posibil datorită caracterului mai regional al datelor geofizice analizate.

Sînt deci de reţinut şi în acest caz trei segmente şi anume :

— un prim segment, în domeniul frecvenţelor mici, cu unghi de pantă de 78° faţă de orizontală ;

— un al doilea segment, situat în zona frecvenţelor mijlocii, cu unghi de pantă de 51° faţă de orizontală ;

— şi, un al treilea segment, în domeniul frecvenţelor mari, cu unghi de pantă de 12° faţă de orizontală.

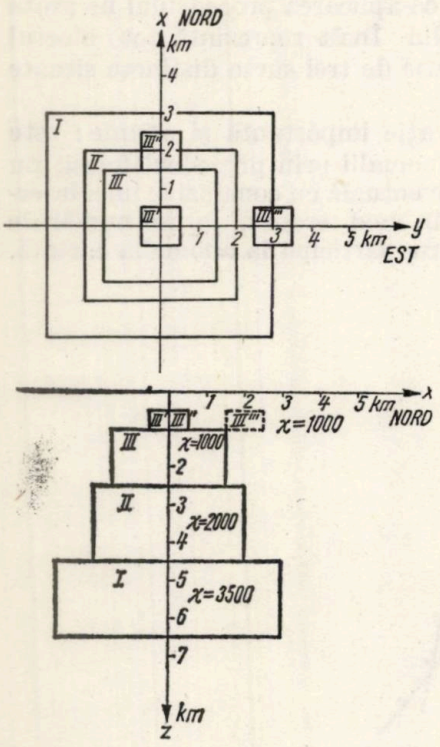


Fig. 5 — Proiecţie orizontală şi secţiune verticală prin modelul teoretic imaginat ca simulînd principial sursa anomaliei magnetice de la Ditrău.

Aşadar, şi în cazul analizei anomaliei cîmpului magnetic produsă de întreg masivul de roci alcaline de la Ditrău s-au obţinut tot trei surse principale care îşi cumulează efectul în anomalia cartată, rezultat identic cu cel obţinut pentru anomaliile locale Remetea-Ditrău şi Jolotca-Dealul Înalt.

Pentru a da o mai riguroasă fundamentare interpretării geologice a rezultatelor obţinute prin analiza spectrală în acest caz, a fost imaginat un model teoretic constituit din 6 prisme verticale finite cu dimensiuni şi aşezări diferite în subsol, magnetizate uniform şi avînd o direcţie verticală a vectorului magnetizare. În figura 5 este ilustrată distribuţia spaţială şi valorile de susceptibilitate magnetică adoptate pentru modelul luat în considerare, reprezentat — aşa cum se poate constata atît din proiecţia la suprafaţă cît şi din secţiunea verticală pe direcţia N—S — din trei prisme verticale finite, coaxiale, de dimensiuni orizontale din ce în ce mai mari şi situate din ce în ce mai adînc, precum şi din trei prisme finite de dimensiuni mai reduse şi adîncime mai mică, distribuite pe orizontală şi avînd aceleaşi proprietăţi magnetice ca şi prisma din poziţia cea mai elevată aparţinînd sistemului de corpuri mai mari situate pe verticală.

Desigur că un astfel de model este discutabil în privinţa modului în care este mai mult sau mai puţin apropiat de structura reală a masivului de roci alcaline de la Ditrău. În absenţa unor informaţii certe în ceea ce priveşte structura reală, el a fost elaborat în ideea coexistenţei unor surse principale de anomalii magnetice situate la adîncimi diferite cu alte surse

distribuite pe orizontală la adîncime mică, care dau un efect minor şi care ar fi legate de relieful sursei principale din poziţia cea mai elevată.

Anomalia cîmpului geomagnetic produsă de acest model este prezentată în figura 6. După cum este legitim, ea are o morfostructură mult mai simplă decît anomalia cartată reprodusă în figura 1, totuşi este de remarcat faptul

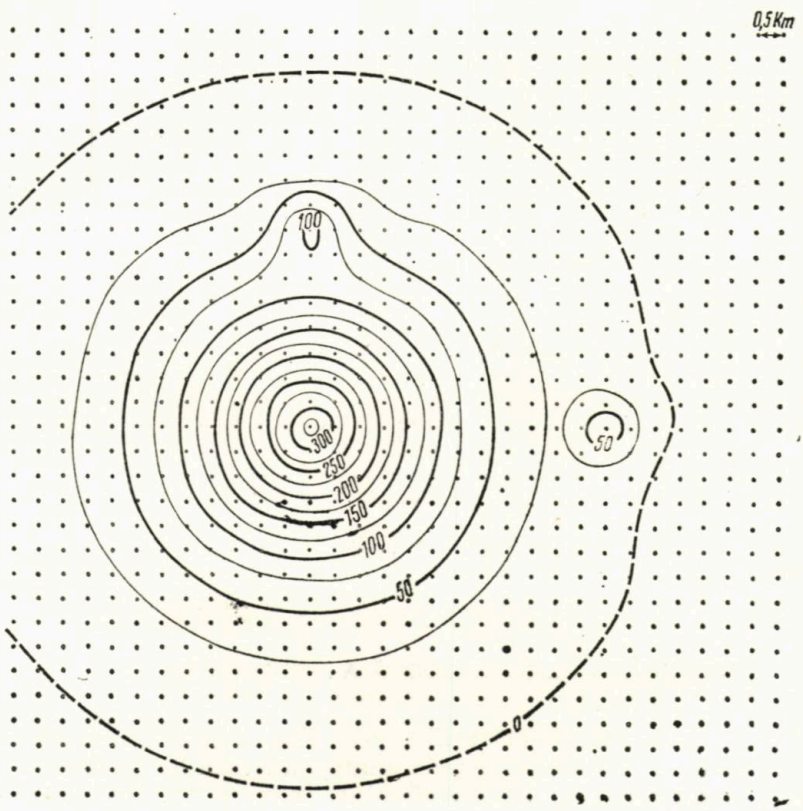


Fig. 6 — Anomalia teoretică a cîmpului magnetic ΔT produsă de modelul din fig. 5.

că are caracterul unui maxim magnetic general pe care se grefează trei zone de apex-uri maximale, trăsătură care este predominantă şi în anomalia cartată.

Spectrul mediu de amplitudine calculat pentru anomalia teoretică din figura 6 este prezentat în figura 7. După cum apare evident, el conţine numai trei segmente cu unghi de pantă diferit, punînd în evidenţă numai cele trei surse principale de anomalie magnetică situate pe verticală şi neglijînd efectele celorlalte trei surse secundare, avînd în vedere atît dimensiunile reduse ale acestora, cît şi adîncimea lor foarte apropiată de suprafaţă, în condiţiile unei susceptibilităţi magnetice egală cu cea a prismei superioare din cele trei situate pe verticală.

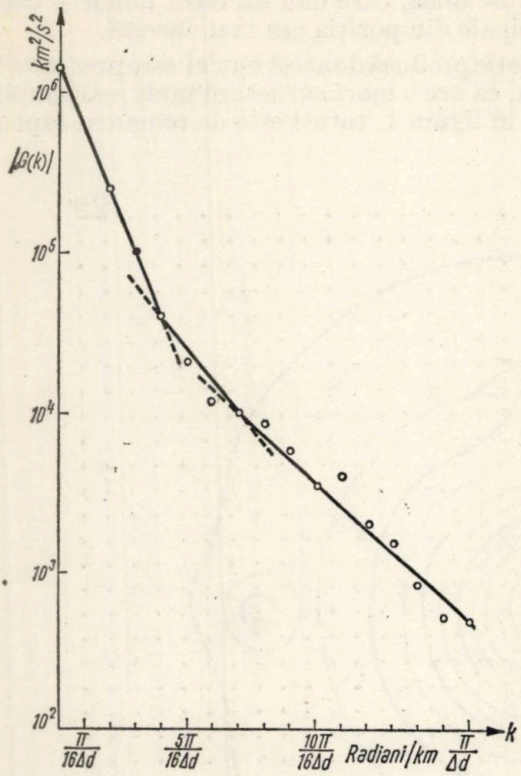


Fig. 7 — Spectrul mediu de amplitudine al anomaliei magnetice teoretice ΔT din fig. 5, calculat pe o reţea pătratică cu latura de 500m.

SEMNIFICAŢIA FIZICO-GEOLOGICĂ A REZULTATELOR OBŢINUTE

Din confruntarea informaţiilor geologice şi petrofizice pe deoparte şi a celor care au fost obţinute prin analiza anomaliilor geomagnetice din zonele Remetea-Ditrău, Jolotca-Dealul Înalt şi a întregii anomalii produsă de masivul de roci alcaline de la Ditrău, pe de altă parte, rezultă în primul rînd că în toate cazurile anomaliile reprezintă rezultatul cumulării a trei surse individuale principale, de anomalii magnetice. Acesta este rezultatul care trebuie reţinut în primul rînd.

A fost de asemenea precizat şi argumentat în capitolul precedent că anomaliile analizate prezintă o corelaţie foarte slabă, uneori nulă, cu repartiţia diferitelor tipuri de roci de la suprafaţă, aşa încît, în ansamblu, sursele lor trebuie considerate în principal ascunse chiar dacă local unele din ele sînt deschise ca de exemplu în zona Jolotca, dar, în orice caz, nu în întregime.

Cu aceste premise de bază vom încerca în cele ce urmează să conturăm semnificaţia fizico-geologică a rezultatelor obţinute prin aplicarea analizei de frecvenţă în forma procedeului folosit, plecînd de la graficele spectrului mediu de amplitudine, cu referiri la sursele individuale de anomalii de la cele mai apropiate de suprafaţă către cele mai adînci.

Cea mai apropiată de suprafaţă dintre cele trei surse principale de anomalii este cea corespunzătoare ramurii a treia, cu cele mai mici pante, respectiv de 29° pentru anomalia Remetea-Ditrău, de 22° pentru anomalia Jolotca-Dealul Înalt—valea Rîului Mureş şi de 12° pentru întreaga anomalie. Ea corespunde în concepţia noastră învelişului extern al diapirului anatectic format din gnaise dioritice, gabbroide şi hornblenditice, diferenţiate prin valori de susceptibilitate magnetică de ordinul miilor de unităţi.

Cea de-a doua ramură a graficului spectrului mediu de amplitudine corespunde probabil celui de-al doilea înveliş concentric al diapirului anatectic, în poziţie inferioară faţă de primul. Acesta este reprezentat în principal de complexul rocilor sienitice, cel mai răspîndit în cadrul părţii vizibile a masivului de roci alcaline de la Ditrău şi caracterizat prin susceptibilităţi magnetice de ordinul sutelor de unităţi. Faptul că pantele ramurii respective faţă de orizontală sînt foarte apropiate ca valoare (52°, respectiv 55° şi 51°), nu ne apare deloc întîmplător, pe de o parte datorită răspîndirii mari la suprafaţă a rocilor acestui complex şi, pe de altă parte, proprietăţilor magnetice mai reduse ca valoare care le caracterizează.

În fine, prima ramură a spectrului mediu de amplitudine cu unghiuri de pantă de 76°, 67° respectiv 78° reflectă existenţa unei surse profunde de anomalie magnetică. După părerea noastră, aceasta corespunde sîmburelui diapir al masivului de roci alcaline de la Ditrău.

Prima întrebare care în mod legitim se pune este de ce se diferenţiază acesta după proprietăţile magnetice faţă de învelişurile magmatice ale lui.

În concepţia actuală, procesele de palingeneză — în cazul Ditrău de palingeneză parţială — se amorsează în zonele adînci ale scoarţei, probabil undeva la limita dintre stratul granitic şi cel bazaltic, fără a fi exclusă posibilitatea participării şi a stratului bazaltic şi chiar a zonelor imediat de sub acesta din mantaua superioară. Transformările fizico-chimice ca urmare a modificărilor de temperatură şi presiune conduc la modificarea stării fizice a materiei antrenată în procesul de anatexie (şisturi cristaline, rocile sialice şi probabil şi o parte din cele simatice situate în poziţii superioare), stare fizică ce din solidă trece în plastică, lichidă şi chiar gazoasă; urmare acestor transformări, elementele chimice cele mai mobile cum sînt, în ordine, Na, K, Al, Si etc. migrează spre partea superioară producînd în principal alcalinizarea şisturilor cristaline iniţiale. Ca o curiozitate stabilită relativ recent este aceea că elementele cu mobilitate mare, cum este Na, în acest proces de palingeneză antrenează întotdeauna şi elemente cu mobilitate mult mai mică, cum este de pildă Ti. Păstrarea structurii orientate a rocilor cristaline iniţiale în rocile care rezultă din acest proces este un argument puternic în favoarea acceptării acestei concepţii pentru geneza masivului de roci alcaline de la Ditrău (alcalinizare puternică, prezenţa titanitului aproape în toate tipurile de roci transformate, predominanţa structurilor orientate atît în sienite cît şi în alte tipuri de roci derivate).

Considerînd din punct de vedere funcţional un astfel de proces apare legitim ca migrarea spre suprafaţă a elementelor chimice cu mobilitate mare, îndeosebi din stratul granitic, să fie însoţită de un proces asemănător de

migrare a elementelor cu mobilitate mai mică din stratul bazaltic sau chiar din mantaua superioară care să le ia locul. În acest sens, nucleul diapir analectic ar trebui să aibă un conţinut mai mare, în orice caz în minerale melanocrate şi poate chiar şi în magnetit sau alţi compuşi ai fierului, avînd în vedere că Fe are o mobilitate relativ mică, imediat superioară aceleia a Ti.

Aşadar, sîmburele diapir anatectic trebuie conceput ca un nodul — în concepţia unor autori sovietici ca o „tumoră" — , în orice caz ca un corp străin cu o bazicitate mai mare ca a rocilor în care se găseşte situat (zonele mai adînci ale şisturilor cristaline — în parte probabil digerate —, rocile stratului granitic şi poate cu o înrădăcinare mai profundă în stratul bazaltic). Fără a avea o compoziţie omogenă nici pe verticală şi nici pe orizontală, prezentînd probabil o bazicitate crescută, progresivă cu adîncimea, acest diapir anatectic se diferenţiază atît lateral faţă de rocile netransformate palingenetic cît şi faţă de învelişurile migmatice ale lui, individualizîndu-se ca un corp geologic aparte din punct de vedere mineralogic şi petrografic. Din caracterul lui mai bazic faţă de rocile înconjurătoare, din conţinutul crescut în minerale melanocrate şi, posibil, şi în minerale de fier, derivă imediat creşterea susceptibilităţii lui magnetice, cunoscut fiind — ca un criteriu de largă generalitate — că în scara rocilor de tipul magmatitelor, indiferent că sînt produse prin palingeneză sau litogeneză, proprietăţile magnetice cresc progresiv de la rocile acide către cele bazice şi ultrabazice.

Astfel, argumente de ordin petrografic, petrofizic şi genetic pledează în favoarea acceptării nucleului anatectic sau, mai corect spus, a zonei de anatexie, ca cea de-a treia sursă individuală, principală, cea mai adîncă, care îşi cumulează efectul în anomalia magnetică cartată pe aria rocilor alcaline ale masivului Ditrău.

Desigur, modelul acesta interpretativ este un model simplificat şi el nu trebuie privit ca un model geometric simplu. Întregul masiv alcalin de la Ditrău, atît cît este cunoscut din datele geologice de suprafaţă, apare ca o asociaţie foarte complexă de roci alcaline, cu o constituţie eterogenă şi cu o structură complicată şi este de aşteptat ca şi în zonele mai adînci aceste caracteristici să se păstreze, chiar dacă nu cu intensitatea celor constatate la suprafaţă. În acest sens nu este de conceput o limită netă între zona de anatexie care defineşte sîmburele diapir şi migmatitele din învelişurile superioare ale lui, ci mai curînd o zonă de tranziţie de la anatexie la migmatite. În legătură cu forma şi adîncimea acestei zone de tranziţie, apare probabil o poziţie mai elevată a acesteia în zona Jolotca decît în zona Ditrău dacă luăm în considerare unghiurile de pantă faţă de orizontală ale segmentelor corespunzătoare din spectrele de amplitudine medie respective şi care sînt de 67° faţă de 76°. O astfel de concluzie este în acord şi cu concepţia lucrării Al. Codarcea şi colab. (1957).

Este de remarcat că acest mod de concepere a masivului de roci alcaline de la Ditrău, ca un înveliş migmatic al unui diapir anatectic profund, înveliş migmatic avînd o dispoziţie zonară de complexe de roci sub forma unor învelişuri succesive, a căpătat o serie de argumente şi pe baza unor alte rezultate geofizice şi anume a celor obţinute prin aeroradiometrie. E. Gohn şi colab. (1973) constată, în special pe baza distribuţiei

toriului în formaţiunile de suprafaţă, o netă diferenţiere între conţinuturi ridicate grupate într-o bandă care acoperă sienitele din învelişul exterior şi aureola de contact din cristalin şi conţinuturi mult mai mici corespunzătoare ariei de răspîndire a sienitelor nefelinice din corpul central al masivului. Mai mult decît atît, autorii lucrării citate mai sus consideră că imaginile componentelor potasică, uranică şi torică cartate aeroradiometric ar sugera un aport de elemente radioactive care trebuie pus pe seama diapirului anatectic profund. Acest aport s-ar fi însumat cu conţinuturile în elemente radioactive ale rocilor cristaline iniţiale, ulterior transformate în migmatitele actuale.

Nu putem încheia aceste consideraţii privind semnificaţia fizico-geologică a rezultatelor obţinute prin analiza de frecvenţă a anomaliei magnetice corespunzătoare masivului de roci alcaline de la Ditrău fără a ţine cont şi de existenţa unei alte ipoteze care acordă acestui masiv o origine pur magmatică ca urmare a punerii în loc a unei magme sienitice alcaline. Această ipoteză, cronologic prima în desfăşurarea studiilor geologice care au avut ca scop descifrarea structurii acestui corp geologic, a fost reluată recent într-o lucrare a lui A. Streckeisen şi J. K. Hunzinger (1974) conform căreia originea acestui masiv ar fi expresia unei diferenţieri magmatice însoţită de fenomene cu răspîndire mare de hibridizare şi de transformări metasomatice. În conceptul acestor autori, geneza acestui corp ar fi avut loc în patru faze principale şi anume :

— punerea în loc a unor magme gabbroice şi dioritice în cuprinsul şisturilor cristaline preexistente şi transformarea lor în complexele dioritice actuale ;

— intruziune de magme sienitice care au pătruns masivul sau rocile foliate ale complexelor dioritice şi care, în zonele periferice, au dat naştere la roci granitice prin asimilarea rocilor înconjurătoare ;

— veniri de soluţii magmatice bogate în nefelin care au produs larga hibridizare şi transformările metasomatice în întregul masiv şi, îndeosebi, a complexelor dioritice ;

— punerea în loc a sienitelor nefelinice, aplitelor şi pegmatitelor, reprezentînd stadiul final al intruziunii.

Conceput ca o intruziune de tip central, acest masiv din punctul de vedere al interpretării datelor magnetice, ar trebui să corespundă unui model principial care să cuprindă o cameră magmatică adîncă, un canal de hrănire şi corpul magmatic, — cu hibridizările şi transformările metasomatice — situat la partea superioară. Reamintim că analiza proprietăţilor magnetice ale rocilor care constituie partea vizibilă a corpului Ditrău arată net existenţa a două surse distincte de anomalie magnetică, diferenţiate după susceptibilităţi magnetice într-un raport de aproximativ 10/1. Conform unui astfel de model, cu două surse de anomalie magnetică la suprafaţă şi adîncimi mici, cu una foarte adîncă şi una intermediară de legătură între ele prin unul sau poate mai multe canale de hrănire, considerăm probabil că spectrul mediu de amplitudine ar fi trebuit să indice existenţa unui număr mai mare decît acela de numai trei surse individuale.

CONCLUZII

În concluzie, studiul anomaliei cîmpului magnetic produsă de masivul de roci alcaline de la Ditrău prin folosirea analizei spectrale şi, în particular, a spectrului mediu de amplitudine, aduce următoarele contribuţii de ordin teoretic şi practic :

— Demonstrează aplicabilitatea procedeului bazat pe spectrul mediu de amplitudine în cazul unei anomalii magnetice cu o morfostructură foarte complicată produsă de o structură geologică de mare complexitate. Acest procedeu, fundamentat teoretic şi adus într-o formă practică de aplicare (algoritm, program pe calculatorul electronic), testat pe modele teoretice şi folosit în analiza unor anomalii gravimetrice şi, în cazul de faţă, a unei anomalii magnetice, pune în evidenţă aplicabilitatea practică a acestuia prin obţinerea unor spectre de amplitudine medie ca rezultat sintetic şi final constituite din segmente de dreaptă net distincte prin unghiul lor de pantă ce pot fi construite fără ambiguitate.

— Aplicarea acestui procedeu atît pentru analiza întregii anomalii magnetice produsă de masivul de roci alcaline de la Ditrău, cît şi pentru două zone mai restrînse, respectiv Remetea-Ditrău şi Jolotca-Dealul Înalt, a condus la rezultate perfect comparabile, reprezentate de spectre medii de amplitudine constituite din trei segmente, cu unghiuri de pantă apropiate ca ordin de mărime şi interpretate ca reflectînd existenţa a trei surse principale de anomalie, situate la adîncimi diferite în subsol şi identice ca semnificaţie geologică indiferent la care din imaginile anomaliei magnetice le raportăm.

— Analiza condiţiilor geologice, petrografice şi petrofizice la stadiul de cunoaştere actuală a permis, prin interpretarea geologică a rezultatelor obţinute în urma aplicării procedeului folosit, formularea unor argumente care vin în sprijinul conceptului că masivul de roci alcaline de la Ditrău reprezintă învelişul migmatic al unui diapir anatectic profund.

Primit la redacţie
la 17 august 1978

BIBLIOGRAFIE

BOTEZATU R., CALOTĂ C. (1968), *Asupra semnificaţiei geologice a unor mărimi statistice în analiza datelor gravimetrice.* Stud. cerc. geol., geogr., geofiz., seria Geofiz., **6**, *2*, p. 135—146.

BOTEZATU R. (1970 a), *Sur la séparation des anomalies gravimétriques et magnétiques*, Geophys. Prosp., XVIII, Suppl. December,. p. 800—815.

BOTEZATU R. (1970 b), *On the possibilities of using the power spectrum in some geological and geophysical problems.* Journ. Intern. Assoc. Mathemat. Geol., **2**, *3*, p. 303—305.

BOTEZATU R. (1971). *Interpretarea anomaliilor gravimetrice şi magnetice cu ajutorul funcţiilor periodice.* Stud. tehn. şi econom., Seria D. *8*, p.1—289.

BOTEZATU R., DUMITRU M. (1972), *Digital filtering as a tool for the study of some Flysh deposits from the East Carpathians, Romania.* Journ. Intern. Assoc. Mathemat. Geol., **4**, *2*, p. 103—113.

BOTEZATU R., CALOTĂ C., CONSTANTINESCU L. (1976), *An integrated approach in processing and interpreting a geophysical traverse in Romania.* Rev. Roum. Géol., Géophys., Géogr., Géophys, *20*, p. 13—31.

CODARCEA AL., DESSILA-CODARCEA MARCELA, IANOVICI V. (1957), *Structura geologică a masivului de roci alcaline de la Ditrău.* Bul. St. Acad. R.S.România, Secția geol. și geogr., II, *3—4*, p. 385—515.

DOBRIN M. B. (1952), *Introduction to Geophysical Prospecting* McGraw-Hill Book Co., New York.

GOHN E., ISVOREANU I., SCURTU S., HEREDEA N. (1973), *Cercetarea aeroradiometrică a masivului Ditrău și formațiunilor adiacente.* Stud. cerc. geol., geofiz.,.geogr., Seria geof., 11, *1*, p. 3—11.

HEILAND C. A. (1946), *Geophysical Exploration.* Prentice-Hall Inc., New York.

JAKOSKI J. J. (1957), *Exploration Geophysics*, Trija Publishing Co., Los Angels.

LOGACEV A. A. (1951), *Kurs magnitorazvedki* Gosgheologlitizdat, Moskwa.

NETTLETON L. L. (1940), *Geophysical Prospecting for Oil.* McGraw-Hill Book Co., New York.

REICH H., ZWERGER R. v. (1943), *Taschenbuch der angewandten Geophysik*, Akademische Verlages Gessellschaft Buker und Erler, Leipzig.

STRECKEISEN A., HUNZINGER J. K (1974), *On the Origin and Age of the Nepheline Syenite Massif of Ditro-Transylvania, Roumania*, Schweiz. Miner. Petrog. Mitteil., **54**, *1*, p. 59—77.

UNE HYPOTHÈSE SUR LA SOURCE DE L'ANOMALIE MAGNÉTIQUE CRÉEE PAR LE MASSIF DES ROCHES ALCALINES DE DITRĂU ÉMISE PAR SUITE DE L'APPLICATION D'UN PROCÉDÉ D'ANALYSE SPECTRALE

(RÉSUMÉ)

L'anomalie du champ magnétique total de Ditrău est caractérisée par une morphostructure compliquée et par des conditions physiques et géologiques également très compliquées, étant créee par une structure géologique d'une très grande complexité. C'est pour cette raison qu'on a choisi le cas de cette anomalie pour tester un nouveau procédé visant la séparation des sources individuelles, principales, qui participent par leurs effets à l'anomalie magnétique totale enregistrée par la prospection géophysique, procédé qui est basé sur le spectre moyen d'amplitudes de la transformée directe de Fourier. En même temps, on a envisagé que par cette voie on pourrait obtenir des informations géologiques supplémentaires sur la source de cette anomalie magnétique.

Les principaux résultats de cette étude peuvent être résumés comme il suit :

— On a démontré l'applicabilité de ce nouveau procédé à une anomalie magnétique produite par une structure géologique d'une très grande complexité comme c'est le cas de l'anomalie de Ditrău. Ce procédé, rigoureux du point de vue théorique et présenté en une forme pratique d'application (algorhythme, programme sur ordinateur), testé sur des modèles théoriques et utilisé déjà à l'analyse de certaines anomalies gravimétriques, a conduit aussi dans ce cas à des résultats probants.

— En utilisant ce procédé tant pour l'analyse de l'entière anomalie magnétique créee par le massif des roches alcalines de Ditrău, que pour les deux aires apicales de Remetea-Ditrău et Jolotca-Dealul Înalt de cette anomalie, on a obtenu des résultats parfaitement comparables représentés par des spectres moyens d'amplitudes a trois segments caractérisés par des angles d'inclination du même ordre de grandeur et interprétés comme reflétant l'existence de trois sources principales d'anomalie magnétique

situées à differentes profondeurs dans le sous-sol et identiques du point de vue de leur signification géologique indifféremment de l'image de l'anomalie magnétique à laquelle elles sont rapportées.

— L'analyse des conditions géologiques, pétrographiques et pétrophysiques à l'état actuel des connaissances a permis, par suite de l'interprétation géologique des résultats obtenus en utilisant ce procédé, de formuler de nouveaux arguments en faveur de la conception élaborée par certains géologues que le massif des roches alcalines de Ditrău représente la couverture migmatitique d'un diapir anatéctique profond et pas une structure magmatique ainsi qu'elle est considérée par d'autres géologues.

PRELUCRĂRI DE DATE SEISMICE PRIN FILTRAREA NUMERICĂ

DE

VIRGIL BARDAN

I.P.G.G.H., str. Coralilor nr. 20, sect. 8, Bucureşti

INTRODUCERE

În ultimul deceniu, datorită dezvoltării tehnicii numerice de calcul, deci de apariţie a posibilităţilor de realizare numerică a diferitelor metode de filtrare a semnalului în vederea extragerii sale din zgomot sau a eliminării distorsiunii canalului de transmisie, prelucrarea de semnal — iniţial parte componentă a teoriei comunicaţiilor — a început să se manifeste ca o disciplină de sine stătătoare ce se aplică cu succes în multe ramuri ale ştiinţei şi tehnicii, printre care se numără şi prospecţiunea seismică.

În încercarea de a aplica procedeele de filtrare pentru eliminarea unor neajunsuri ce apar la interpretarea datelor seismice (zgomotul ce se suprapune peste semnal, două semnale ce se succed la un interval de timp mai mic decît lungimea primului se suprapun, un impuls ce rezultă dintr-o reflecţie multiplă a undei seismice poate fi considerat semnal, adică rezultatul unei reflecţii primare etc.) s-a dezvoltat mai întîi un model prin care se descrie cu mijloacele teoriei comunicaţiilor procesul de formare a fenomenelor seismice.

Astfel, prospecţiunea seismică poate fi modelată sub forma unui sistem de comunicaţie cu sursă, canal şi receptor. Sursa generează o succesiune de impulsuri ce reprezintă contrastele de impedanţă acustică ale subsolului stratificat şi alcătuiesc aşa-zisul semnal de reflecţie

$$s(t) = \sum_{i=1}^{I} \alpha_i \delta(t - t_i), \tag{1}$$

unde numerele reale α_i şi t_i sînt, respectiv, amplitudinea şi timpul de apariţie al reflecţiei i, iar $\delta(t)$ este distribuţia delta.

Înainte de a fi recepţionat, semnalul seismic $s(t)$ este supus unor puternice deformări ale canalului ce se datorează apariţiei undelor seismice multiple şi fantome, comportării neelastice a mediului prin care se propagă undele seismice, exploziei neinstantanee, aparaturii de înregistrare şi altor cauze. Se presupune că aceste deformări sînt echivalente cu trecerea semnalului seismic $s(t)$ printr-o succesiune de filtre în cascadă. Dacă semnalul recepţionat (trasa seismică înregistrată) se notează prin $x(t)$, atunci

$$x(t) = s(t) * h(t), \tag{2}$$

unde prin $h(t)$ s-a notat funcţia pondere a filtrului ce înglobează toate deformările datorate canalului, iar prin $*$ operaţia de convoluţie (deci,

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 1, P. 67–94, BUCUREŞTI, 1979

deformarea semnalului $s(t)$ este descrisă matematic prin operaţia de convoluţie).

Acest model pune în evidenţă faptul că pentru atingerea obiectivului prospecţiunii seismice — cunoaşterea semnalului $s(t)$ — este necesar să se elimine efectul filtrului de distorsiune $h(t)$. Filtrul prin care se încearcă realizarea acestui deziderat poartă denumirea de „filtru de deconvoluţie" sau „filtru invers".

Dacă se notează prin $h^{-1}(t)$ funcţia pondere a filtrului de de convoluţie, filtrarea (deconvoluţia) trasei seismice se poate descrie în cazul ideal prin

$$s(t) = x(t) * h^{-1}(t).$$

Pentru studiul componentei filtrului ce se datorează reflecţiilor multiple şi fantome au apărut diferite modele ce conduc direct la filtrul invers. Menţionăm în acest sens modelele introduse de Berryman (1958), Backus (1959), Wuenschel (1960), Lindsey (1960) şi Kunetz (1968).

În determinarea filtrului de deconvoluţie, cele mai bune rezultate au fost obţinute prin utilizarea teoriei filtrării optime. Contribuţii importante în acest sens a avut în special Robinson (1954, 1967), care a introdus conceptele deconvoluţiei predictive pentru prospecţiunea seismică. Modelul său implică două genuri de ipoteze de bază şi anume:

— ipoteze deterministice, care admit că forma de undă elementară, asociată cu fiecare reflecţie primară, este de întîrziere minimă; şi

— ipoteze statistice, conform cărora reflecţiile primare sînt distribuite întîmplător.

Modelele standard de producere a multiplelor şi fantomelor se încadrează în conceptul de întîrziere minimă.

O condiţie fundamentală pentru aplicarea deconvoluţiei predictive este ca trasa seismică, sau porţiuni din ea, să reprezinte procese stocastice staţionare. Cercetările efectuate de Galbraith (1963) au arătat că înregistrările seismice indeplinesc, de obicei, această condiţie.

Pe baza modelului lui Robinson şi a teoriei filtrului Wiener sub formă numerică s-a ajuns la descrierea completă a procesului de deconvoluţie cel mai utilizat la prelucrarea datelor seismice. Menţionăm în acest sens lucrările lui Treitel et al (1966), Robinson (1967), Robinson et al (1967), Burns (1968) şi Clarke (1968).

Pe baza aceluiaşi model, Crump (1974) descrie o deconvoluţie ce are ca punct de plecare filtrul Kalman.

În cazul generării undelor seismice prin metoda Vibroseis problema deconvoluţiei a trebuit reformulată. Menţionăm în acest sens lucrările lui Gurbuz (1972), Landrum (1972) şi Ristow et al (1975).

În anul 1975 Robinson a prezentat o nouă metodă de deconvoluţie pe care a numit-o „deconvoluţie dinamică predictivă". Această metodă de deconvoluţie se bazează pe un model de reflecţie seismică descris ca un filtru discret recursiv. Modelul respectiv este realizat aproximativ dintr-un sistem stratificat orizontal supus la o undă de incidenţă normală, care rezultă dintr-un impuls de energie unitară aplicat la suprafaţă. În timp ce deconvoluţia predictivă obişnuită elimină multiplele (reverberaţiile) generate de cîteva straturi de la suprafaţă, deconvoluţia predictivă

dinamică caută să elimine efectul de reverberaţie al întregii coloane sedimentare.

Odată cu semnalul $x(t)$ se înregistrează şi un zgomot aditiv $n(t)$ ce reprezintă zgomotul ambiant şi cel generat de sursă, în care caz semnalul recepţionat $x'(t)$ este

$$x'(t) = s(t)*h(t) + n(t). \tag{3}$$

Cu cît acest zgomot este mai mare decît semnalul seismic util cu atît mai dificilă devine interpretarea datelor. De aceea, un prim obiectiv al prospecţiunii seismice este atenuarea acestui zgomot, obiectiv ce se încearcă a fi realizat prin filtrări definite în domeniul frecvenţei.

Astfel, cînd spectrul de frecvenţă al semnalului $x(t)$ diferă de cel al zgomotului, mărirea raportului semnal/zgomot se poate obţine prin filtrări de trecere realizate numeric, în legătură cu care amintim lucrările lui Orsmby (1960), Robinson et al (1967) şi Shanks (1967).

În legătură cu terminologia şi conceptele de bază ale filtrării monodimensionale menţionăm lucrarea lui Rabiner et al (1972) şi prezentarea matematică a lui Bardan (1978).

1. DESCRIEREA UNUI MODEL SEISMIC CA UN SISTEM (FILTRU) DISCRET RECURSIV

Ca model seismic vom considera familiarul mediu elastic stratificat orizontal în care fiecare strat este omogen, izotrop şi supus deplasării undei seismice plane de compresiune cu incidenţă normală. Descrierea acestui model este dată de Robinson (1975).

Straturile sînt numerotate de jos în sus. Stratul inferior este un semispaţiu numit fundament şi numerotat cu indicele 0. Deasupra acestui fundament se află N straturi de grosime dată care se notează cu indici ce variază de la 1, pentru cel mai adînc, la N, pentru cel de la suprafaţă.

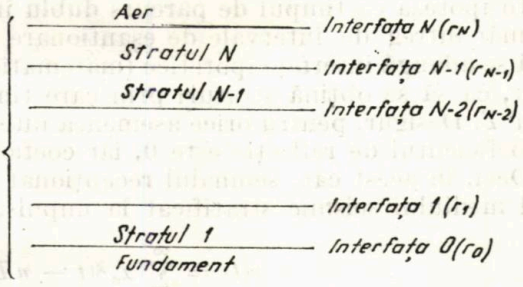


Fig. 1. — Mediul seismic stratificat.

În cazul prospecţiunii seismice pe mare stratul de la suprafaţă va fi, desigur, stratul de apă. Cele $N + 1$ interfeţe sînt numerotate corespunzător şi anume : interfaţa cea mai de jos (între fundament şi primul strat) cu 0, iar interfaţa cea mai de sus (între aer şi ultimul strat) cu N (fig. 1).

Pentru satisfacerea condiţiilor la limită, printr-un strat se pot deplasa două unde compresionale : una care se deplasează vertical în sus şi alte care se deplasează vertical în jos. Deplasarea undei în sine poate fi măsu-

rată în termenii oricăreia dintre mărimile : deplasarea particulei, viteza particulei, accelerația particulei, tensiunea sau presiunea în punctul respectiv. Indiferent ce mărime se folosește pentru fiecare interfață, se pot defini coeficientul de reflecție și cel de transmisie. Dacă pe interfață n incide un impuls Dirac, care se deplasează de sus în jos, atunci coeficientul de reflecție r_n este egal cu mărimea impulsului reflectat de suprafață, impuls ce se va deplasa în sus, iar coeficientul de transmisie t_n este egal cu mărimea impulsului ce trece prin interfață continuînd să se deplaseze de sus în jos (fig. 2).

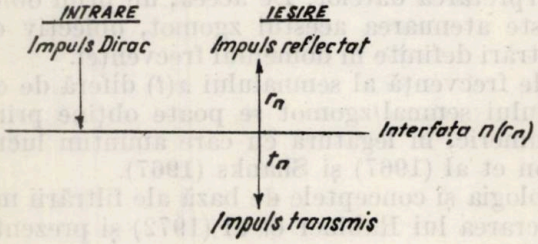


Fig. 2. — Ilustrarea grafică a reflecției și transmisiei.

În mod analog sînt definiți și coeficienții r'_n și t'_n pentru impulsul Dirac ce incide pe interfața n, deplasîndu-se însă de jos în sus. Coeficienții t_n, r'_n și t'_n pot fi exprimați în funcție de r_n după cum urmează :

$$t_n = 1 + r_n\,;\; r'_n = -r_n\,;\; t'_n = 1 - r_n,$$

coeficientul r_n fiind un număr real cuprins în intervalul $[-1, 1]$.

Se presupune că sistemul stratificat este fără pierderi, adică nu există efecte de degradare a energiei cum ar fi absorbția în interiorul straturilor. Astfel, unicul mod prin care sistemul pierde energie este printr-o undă care merge în jos și pătrunde în fundament nemaiîntorcîndu-se niciodată, sau printr-o undă care merge în sus, în aer, și, de asemenea, nu se mai întoarce.

În ipoteza că timpul de parcurs dublu în fiecare strat este egal cu un număr întreg de intervale de eșantionare T, pentru simplitate matematică se adaugă interfețe ipotetice (matematic, nu geologic), oriunde este necesar, ca să se obțină straturi prin care timpul de parcurs dublu este egal cu T. Desigur, pentru orice asemenea interfață ipotetică, care se adaugă, coeficientul de reflecție este 0, iar coeficientul de transmisie este 1.

Deci, în acest caz, semnalul recepționat la suprafață, $x(t)$, este răspunsul mediului seismic stratificat la impulsul Dirac, $\delta(t)$, avînd forma

$$x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n \delta(t - nT),$$

iar semnalul de reflecție pe care am dori să-l cunoaștem cît mai exact are exprimarea

$$s(t) = \sum_{n=0}^{N} r_{N-n} \delta(t - nT),$$

ceea ce permite ca modelul să fie studiat în timp discret.

Se consideră sistemul sedimentar de n—1 straturi mărginite de interfețe cu coeficienții de reflecție r_{n-1}, $r_{n-2}, \ldots, r_0$ și sistemul ce rezultă din acesta prin adăugarea unui nou strat mărginit superior de o interfață cu coeficientul de reflecție r_n. Combinînd răspunsul la impulsul unitar (impulsul Dirac) al sistemului de $n-1$ straturi cu coeficientul de reflecție r_n, se poate obține răspunsul la impulsul unitar al sistemului cu n straturi. Luînd transformatele z ale celor două răspunsuri la impulsul unitar, Robinson (1975) stabilește următoarea relație de recurență :

$$R_n(z) = \frac{r_n + z^{-1}R_{n-1}(z)}{1 + r_n z^{-1}R_{n-1}(z)}, \tag{4}$$

unde prin $R_n(z)$ și $R_{n-1}(z)$ s-au notat funcțiile de transfer pentru sistemele cu, respectiv, n și $n-1$ straturi.

Cu această relație, avînd ca punct de plecare pe $R_0(z) = r_0$, se poate obține o descriere a sistemului stratificat cu N straturi prin funcția de transfer

$$R_N(z) = \frac{C_N(z)}{D_N(z)} = \frac{c_0 + c_1 z^{-1} + \ldots + c_N z^{-N}}{1 + d_1 z^{-1} + \ldots + d_N z^{-N}} \tag{5}$$

unde coeficienții $c_0, c_1, \ldots, c_N, d_1, \ldots, d_N$ sînt determinați în funcție de coeficienții de reflecție r_N, $r_{N-1}, \ldots, r_0$. Deci, modelul seismic cu $N+1$ interfețe pe care l-am definit mai sus se poate descrie ca un sistem (filtru) discret liniar și recursiv (desigur și stabil) cu funcția de transfer (5). Răspunsul acestui sistem la impulsul unitar, $x = \{x_n\}_{n=0}^{\infty}$, poate fi calculat cu formulele :

$$x_k = c_k - \sum_{n=1}^{k} d_n x_{k-n} \quad \text{pentru } k \leqslant N$$

și (6)

$$x_k = -\sum_{n=1}^{N} d_n x_{k-n} \quad \text{pentru } k > N.$$

În continuare, vom încerca să ajungem la descrierea unui model reverberant de tip Backus (1959) prin particularizări ale modelului seismic prezentat mai sus.

Considerînd stratul reverberant mărginit de interfețele cu coeficienții de reflecție r_N și r_k, interfața reflectatoare cu coeficientul de reflecție r_0 și toți ceilalți coeficienți de reflecție nuli, (5) devine

$$R_{r_N, r_k, r_0}(z) = \frac{r_N + r_k z^{k-N} + r_0 r_k r_N z^{-k} + r_0 z^{-N}}{1 + r_k r_N z^{k-N} + r_0 r_k z^{-k} + r_0 r_N z^{-N}}.$$

Dacă notăm prin

$$R_{r_N, r_k}(z) = \frac{r_N + r_k z^{k-N}}{1 + r_k r_N z^{k-N}}$$

funcţia de transfer a sistemului reverberant, răspunsul de la interfaţa r_0 prin sistemul reverberant (r_N, r_k) se poate descrie prin

$$R_{r_0}^{(r_N, r_k)}(z) = R_{r_N, r_k, r_0}(z) - R_{r_N, r_k}(z) = \tag{7}$$

$$= \frac{r_0(1 + r_k^2 r_N^2 - r_N^2 - r_k^2)z^{-N}}{(1 + r_k r_N z^{k-N})^2 + r_0 z^{-k}(1 + r_k r_N z^{k-N})(r_k + r_0 r_N z^{k-N})}.$$

Luînd în consideraţie numai porţiunea dintre timpii NT şi $(N+k)\,T$, (de obicei diferenţa $N-k$ este mult mai mică decît N sau k), din (7) se obţine

$$R_{r_0}^{(r_N, r_k)}(z) = \frac{\alpha r_0 z^{-N}}{(1 + \beta z^{-S})^2} = \alpha r_0 z^{-N} R_{\beta, s}(z),$$

unde s-au folosit notaţiile : $\alpha = 1 + r_k r_N - r_k - r_N$, $\beta = r_k r_N$, $s = N - k$ şi

$$R_{\beta, s}(z) = \frac{1}{(1 + \beta z^{-S})^2}. \tag{8}$$

Dezvoltînd pe (8) în serie de puteri (desigur, cu algoritmul (6)), rezultă răspunsul propriu-zis de la interfaţa r_0 prin sistemul reverberant (r_N, r_k) între timpii NT şi $(N + k)T$:

$$R_{r_0}^{(r_N, r_k)}(z) = \alpha r_0 z^{-N}(1 - 2\beta z^{-S} + 3\beta^2 z^{-2S} - 4\beta^3 z^{-3S} + \ldots). \tag{9}$$

Prin filtrarea acestui răspuns cu filtrul invers de tip Backus (un filtru în trei puncte), a cărei funcţie de transfer este

$$R_{\beta, s}^{-1}(z) = (1 + \beta z^{-S})^2,$$

se obţine, în afara factorului α, semnalul dorit de la interfaţa 0, $r_0 z^{-N}$.

La determinarea acestui filtru (de fapt, determinarea parametrilor β şi s) şi în general la analiza problemelor de reverberaţie, un rol important îl joacă autocorelaţia răspunsului (9) (vezi lucrarea lui Anstey (1966)).

2. DECONVOLUŢIA SPIKE (DE CONTRACŢIE) ŞI CEA PREDICTIVĂ

2.1. PUNEREA PROBLEMEI ÎN CAZUL ÎNREGISTRĂRILOR OBŢINUTE PRIN EXPLOZIE

Presupunînd din nou că timpii de apariţie ai reflecţiilor sînt multipli ai intervalului de eşantionare T şi că timpul t_i de apariţie a reflecţiei i este $n_i T$, semnalul seismic de reflecţie (1) poate fi considerat un semnal discret în timp, $\{s_n\}_{n=0}^{\infty}$ unde $s_n = \alpha_i$ dacă $n = n_i$ şi $s_n = 0$ în caz contrar.

Transformata z a acestui semnal este

$$S(z) = \sum_{n=0}^{N} s_n z^{-N},$$

unde N este luat suficient de mare.

Transformata z a trasei seismice înregistrate este

$$X(z) = S(z)H(z),$$

unde prin $H(z)$ s-a notat funcţia de transfer a filtrului de distorsiune. Acest filtru se consideră de forma

$$H(z) = B(z)R_{\beta,s}(z),$$

unde

$$B(z) = b_0 + b_1 z^{-1} + \ldots + b_{N_1} z^{-N_1} \tag{10}$$

reprezintă componenta filtrului de distorsiune ce se datorează atenuării neelastice a mediului, exploziei neinstantanee şi aparaturii de inregistrare. Prin

$$R_{\beta,s}(z) = \frac{1}{(1 + \beta z^{-s})^2}$$

s-a notat componenta filtrului de distorsiune ce reprezintă fenomenul de reverberaţie cel mai întîlnit pe înregistrările seismice.

Cu alte cuvinte, în locul semnalului dorit de la timpul $t_i = n_i T$, $\alpha_i z^{-n_i}$, datorită filtrului de distorsiune $H(z)$ se înregistrează răspunsul

$$\alpha_i z^{-n_i}(h_0 + h_1 z^{-1} + \ldots),$$

iar trasa înregistrată $X(z)$ este o sumă de astfel de semnale. Desigur, răspunsul la impulsul unitar al filtrului de distorsiune, $h = \{h_n\}_{n=0}^{\infty}$, se determină cu formule de tipul (6).

Ipoteza de întîrziere minimă ce se face asupra lui $H(z)$ (zerourile lui $B(z)$ sînt în modul mai mici decît 1) conduce la concluzia existenţei unui filtru invers stabil

$$H^{-1}(z) = \frac{(1 + \beta z^{-s})^2}{B(z)}.$$

La realizarea practică a deconvoluţiei se folosesc metodele bazate pe determinarea aproximativă a filtrului invers, ca filtru optim, după criteriul minimizării erorii mediei pătratice, acceptînd ipoteza că se cunoaşte autocorelaţia lui h. Vom prezenta mai jos o enunţare deterministică a acestor metode în cazul aşa-zisului filtru numeric de tip Wiener finit.

Dacă se notează prin $h = \{h_n\}_{n=0}^{N_2}$ semnalul de la intrarea filtrului optim (N_2 se ia suficient de mare), prin $g = \{g_n\}_{n=0}^{M+N_2}$ semnalul dorit la ieşirea filtrului, iar prin $i = \{i_n\}_{n=0}^{M+N_2}$ semnalul obţinut la ieşirea filtrului, coeficienţii funcţiei pondere a filtrului optim, $f = \{f_m\}_{m=0}^{M}$, se determină din condiţia de minimizare a erorii medii pătratice, notată prin E,

$$E = \sum_{n=0}^{M+N_2} (g_n - i_n)^2 = \sum_{n=0}^{M+N_2} (g_n - \sum_{m=0}^{M} f_m h_{n-m})^2, \tag{11}$$

care conduce la sistemul de ecuaţii normale

$$\sum_{m=0}^{M} f_m \varphi_{n-m}^{hh} = \varphi_n^{gh}, \quad n = 0,1,\ldots,M, \tag{12}$$

unde prin

$$\varphi_n^{hh} = \sum_{k=0}^{M+N_2} h_k h_{k+n}, \quad n = 0,1,\ldots,M,$$

s-au notat valorile autocorelaţiei semnalului de intrare h, iar prin

$$\varphi_n^{gh} = \sum_{k=0}^{M+N_2} g_k h_{k+n}, \quad n = 0,1,\ldots,M,$$

valorile intercorelaţiei dintre semnalele h şi g.

Aceste sisteme de ecuaţii corespund de fapt ecuaţiei Wiener-Hopf pentru cazul discret. Rezolvarea sa este simplificată de structura tip Töplitz a matricei coeficienţilor, care permite utilizarea algoritmului lui Levinson (1949).

Substituind (12) în (11), se poate obţine

$$E_{\min} = G - \sum_{m=0}^{M} f_m \varphi_m^{gh},$$

unde prin

$$G = \sum_{m=0}^{M+N_2} g_m^2$$

s-a notat energia semnalului dorit.

Se poate observa, de asemenea, că energia erorii minime normalizate, $E_{\min}/G$, variază între 0 (o corelaţie perfectă între semnalul de intrare şi cel dorit la ieşire) şi 1 (o lipsă totală de corelaţie între semnalul de intrare şi cel dorit la ieşire).

Deconvoluţia datelor seismice se realizează sub două forme după cum este ales semnalul dorit la ieşirea filtrului şi anume:

— deconvoluţia spike (de contracţie), pentru care semnalul dorit la ieşirea filtrului este impulsul unitar $\delta(g_0 = 1$ şi $g_n = 0$ pentru $n = 1,2,\ldots,$ $M + N)$; şi

— deconvoluția predictivă pentru care semnalul dorit la ieșirea filtrului este semnalul de la intrarea filtrului decalat cu intervalul de predicție pT, deci $g_n = h_{n+p}$ pentru $n = 0,1,\ldots,M+N$, iar prin rezolvarea sistemului de ecuații (12) se obțin coeficienții funcției pondere a filtrului de predicție $f = \{f_m\}_{m=0}^{M}$. Pentru deconvoluție se folosește însă filtrul eroare de predicție, care are funcția pondere

$$(\underbrace{1,0,0,\ldots,0}_{p}, -f_0, -f_1,\ldots, -f_M)$$

și prin care se elimină fenomenele predictibile de pe trasa seismică (de obicei reverberațiile descrise prin filtrul de distorsiune (8)).

Menționăm faptul că proprietatea de întîrziere minimă ce se consideră pentru semnalul dorit în cazul deconvoluției spike este implicată de ipoteza de întîrziere minimă ce se face asupra filtrului de distorsiune cu funcția pondere h.

Trasa seismică înregistrată satisface, pe întreaga sa lungime sau pe porțiuni, anumite proprietăți statistice ce permit aproximarea autocorelației formei de undă h, φ^{hh}, prin autocorelația trasei sau a unei porțiuni din ea (ipotezele statistice ce stau la baza procesului de deconvoluție). O prezentare completă a filtrării de deconvoluție din punctul de vedere al teoriei estimării semnalului este făcută de Berkhout et al (1976).

2.2. DECONVOLUȚIA SPIKE ÎN CAZUL ÎNREGISTRĂRILOR OBȚINUTE PRIN METODA VIBROSEIS

În cazul metodei Vibroseis, trasa seismică înregistrată poate fi descrisă matematic prin convoluția

$$x(t)*h(t)$$

unde $x(t)$ reprezintă trasa seismică ce s-ar obține în cazul exploziei, iar $v(t)$ așa numitul „sweep", adică semnalul sinusoidal de frecvență și lungime controlabile în ritmul căruia oscilează vibratorul mecanic pentru a genera unde seismice. Ca parametrii posibili pentru „sweep" menționăm: lungimea de 16 secunde cu frecvența variind liniar între 10 și 80 Hz.

Luînd în considerație filtrul de distorsiune cu funcția de transfer $H(z)$, transformata z a semnalului recepționat de la reflecția i este

$$\alpha_i z^{-m_i} H(z)\, V(z), \tag{13}$$

unde cu $V(z)$ s-a notat transformata z a „sweepului" eșantionat v.

Pentru trasele seismice corelate cu „seepul" v, (13) devine

$$\alpha_i z^{-m_i} H(z) A^v(z), \tag{13'}$$

unde prin $A^v(z)$ s-a notat transformata z cu două părți a autocorelației „sweepului" (această transformată conține și puteri pozitive ale lui z).

Problema filtrului ar consta în aproximarea filtrului invers

$$F(z) = \frac{1}{H(z)V(z)},$$

care, din păcate, nu este stabil deoarece v nu este de întîrziere minimă. De aceea ne propunem să determinăm numai filtrul invers cu funcţia pondere $f' = \{f'_m\}_{m=0}^{M_1}$ şi funcţia de transfer

$$F'(z) = f'_0 + f'_1 z^{-1} + \ldots + f'_{M_1} z^{-M_1} \approx \frac{1}{H(z)}. \tag{14}$$

Pentru aceasta deducem prin metoda deconvoluţiei spike funcţia pondere a filtrului invers $f = \{f_m\}_{m=0}^{M}$, care se obţine prin rezolvarea sistemului de ecuaţii normale format cu valorile autocorelaţiei trasei sau a unei porţiuni din trasa Vibroseis. Această autocorelaţie aproximează, pe baza proprietăţilor seismice ale trasei seismice, autocorelaţia formei de undă $h*v$. Cu toate că $h*v$ nu este de întîrziere minimă (datorită lui v), filtrul invers cu funcţia pondere f este dedus în această ipoteză (semnalul dorit este $g_0 = 1$ şi $g_m = 0$ pentru $m \neq 0$, iar autocorelaţia lui $h*v$ nu păstrează nici-o informaţie despre întîrziere (fază)) şi deci

$$F(z) = f_0 + f_1 z^{-1} + \ldots + f_m z^{-M} \approx \frac{1}{H(z)\, V_{\text{im}}(z)}, \tag{15}$$

unde prin $V_{\text{im}}(z)$ s-a notat transformata z a unei semnal de întîrziere minimă, v^{im}, care are aceiaşi autocorelaţie ca şi v.

Factorizînd pe $V(z)$ şi înlocuind zerourile în modul mai mari decît 1 prin inversele lor, se poate obţine $V_{\text{im}}(z)$, dar acest lucru este greu de realizat practic (trebuie rezolvată o ecuaţie algebrică de grad foarte mare). O rezolvare obţinută este următoarea.

La început se va calcula prin metoda deconvoluţiei spike filtrul invers pentru forma de undă v^{im} (se folosesc valorile autocorelaţiei „sweepului" v, care este cunoscut). Dacă notăm prin $f'' = \{f''_m\}_{m=0}^{M_2}$ funcţia pondere a acestui filtru, atunci

$$F''(z) = f''_0 + f''_1 z^{-1} + \ldots + f''_{M_2} z^{-M_2} \approx \frac{1}{V_{\text{im}}(z)}. \tag{16}$$

Aplicînd încă odată acest procedeu formei de undă $\{f''_m\}_{m=0}^{M_2}$ se obţine filtrul invers cu funcţia pondere $f''' = \{f'''\}_{m=0}^{M_3}$ şi proprietatea

$$F'''(z) = f'''_0 + f'''_1 z^{-1} + \ldots + f'''_{M_3} z^{-M_3} \approx \frac{1}{F''(z)} \approx V_{\text{im}}(z). \tag{17}$$

Deci, filtrul cu funcţia pondere

$$f' = f * f''',$$

care are proprietatea

$$F'(z) = F(z)F'''(z) \approx \frac{1}{H(z)},$$

este filtrul invers căutat.

Desigur, relaţiile (14)—(17) exprimă aproximările cu care se obţin coeficienţii filtrelor prin metoda minimizării erorii medii pătratice.

Cînd deconvoluţia se aplică trasei seismice corelate, în locul „sweep-ului" v trebuie luată autocorelaţia sa a^v.

2.3. REZULTATE PRACTICE ŞI CONCLUZII

a) În figura 3 se reprezintă semnalul seismic corespunzător reflecţiei de la timpul t_i luîndu-se în consideraţie numai componenta $B(z)$ a unui filtru de distorsiune. Cu un interval de eşantionare de 4 ms s-au

Fig. 3. — Semnalul seismic corespunzător unei reflecţii de la timpul t_i.

calculat filtrele de deconvoluţie spike de 20 şi 200 puncte (fig. 4) şi rezultatul aplicării acestor filtre formei de undă reprezentată grafic în figura 3 (fig. 5).

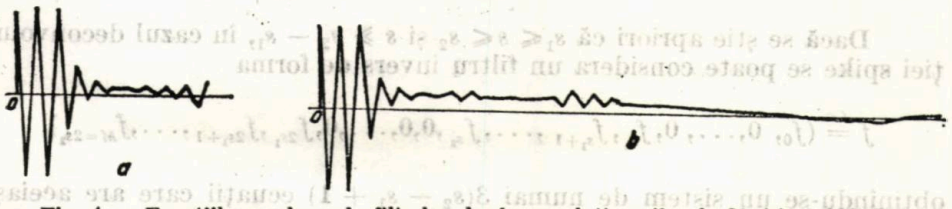


Fig. 4. — Funcţiile pondere ale filtrelor de deconvoluţie spike de 20 (a) şi 200 (b) puncte.

S-a evaluat, de asemenea, şi eroarea normalizată E_{min}/G cînd numărul de puncte al filtrului, $M + 1$, variază de la 10 la 200 (fig. 9). Rezolvarea sistemelor de ecuaţii normale s-a făcut la un calculator la care numerele sînt reprezentate în virgulă mobilă prin cuvinte de 48 biţi (din care 36 pentru mantisă).

Mărind numărul de puncte al filtrului invers, eroarea normalizată, E_{min}/G, ar trebui să se micşoreze (dezvoltarea în serie de puteri a lui $B(z)$ este infinită). Totuşi, datorită erorilor de calcul, mărirea numărului de puncte al filtrului peste o anumită valoare, $M_{min} + 1$, nu mai îmbunătăţeşte procesul de deconvoluţie.

b) Dacă considerăm numai componenta $R_{\beta,s}(z)$ a filtrului de distorsiune atît cu metoda deconvoluției predictive (cu $M > 2s$ și $p \leqslant s$), cît și cu metoda deconvoluției spike (cu $M > 2s$) se obține același filtru invers

$$F(z) = R^{-1}_{\beta,s}(z) = 1 + 2\beta z^{-s} + \beta^2 z^{-2s} \tag{18}$$

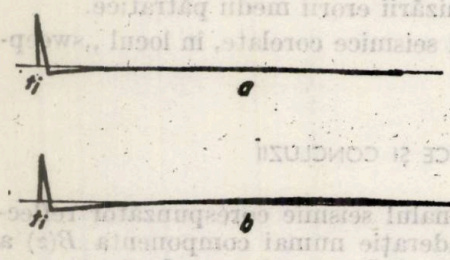


Fig. 5. — Rezultatele deconvoluției spike obținută cu filtrele de 20 (a) și 200 (b) puncte.

(vezi Peacock et al (1969)). Eroarea $E_{\min}$ este nulă deoarece filtrul invers ideal este finit, și de forma celor cu care este aproximat.

Se mai poate observa că prin metoda deconvoluției predictive se rezolvă un sistem normal cu un număr p de ecuații mai mic decît în cazul metodei deconvoluției spike.

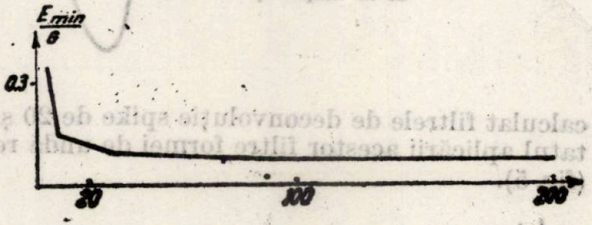


Fig. 6 — Variația erorii normalizate cu numărul de puncte al filtrului invers.

Dacă se știe apriori că $s_1 \leqslant s \leqslant s_2$ și $s \geqslant s_2 - s_1$, în cazul deconvoluției spike se poate considera un filtru invers de forma

$$f = (f_0, 0, \ldots, 0, f_{s_1}, f_{s_1+1}, \ldots, f_{s_2}, 0, 0, \ldots, 0, f_{2s_1}, f_{2s_1+1}, \ldots, f_{M=2s_2}),$$

obținîndu-se un sistem de numai $3(s_2 - s_1 + 1)$ ecuații care are aceiași soluție (18) (din sistemul de ecuații normale (12) se renunță la ecuațiile corespunzătoare lui $n = 1,2,\ldots,s_1 - 1,\ s_2 + 1, s_2 + 2, \ldots, 2s_1 - 1$). De exemplu, pentru $s_1 = 190$ și $s_2 = 210$ se poate ajunge, în acest fel, la un sistem de numai 63 ecuații față de 231 ecuații în cazul deconvoluției predictive (dacă se ia $p = s_1$) și 421 ecuații în cazul deconvoluției spike.

c) Pentru filtrul de distorsiune de forma

$$H(z) = B(z)R_{\beta,s}(z),$$

cu s_1 și $s_2 \gg M_{\min}$, în cazul deconvoluției spike se poate considera un filtru invers de forma

$$f = (f_0, f_1, \ldots, f_{M_{\min}}, 0, 0, \ldots 0, f_{s_1}, f_{s_1+1}, \ldots, f_{s_2+M_{\min}}, 0, \ldots 0, f_{2s_1}, f_{2s_1+1}, \ldots, f_{2s_2+M_{\min}}).$$

care conduce la un sistem de numai $3(s_2 - s_1 + M_{min} + 1)$ ecuaţii (din sistemul de ecuaţii normale (12) se renunţă la ecuaţiile pentru care indicele n ia valorile $M_{min} + 1, M_{min} + 2, \ldots, s_1 - 1, s_2 + M_{min} + 1, s_2 + M_{min} + 2, \ldots, 2s_1 - 1$).

Menţionăm faptul că rezolvarea la calculator a sistemelor ce depăşesc un anumit număr de ecuaţii este destul de dificilă datorită, în special,

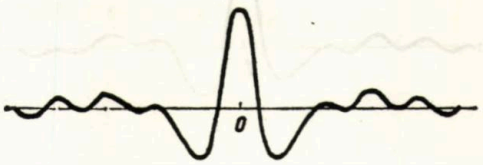


Fig. 7. — Autocorelaţia „sweepului" folosit.

influenţei erorilor de calcul. Determinarea filtrelor inverse prin rezolvarea sistemelor cu un număr de ecuaţii mai mic decît cel obişnuit prezintă mari avantaje practice din punctul de vedere menţionat mai sus.

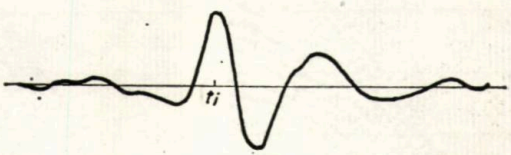


Fig. 8. — Semnalul Vibroseis corelat ce corespunde reflecţiei de la timpul t_i.

d) Considerînd filtrul de distorsiune în cazul a) şi un „sweep" cu autocorelaţia reprezentată grafic în figura 7, reflecţiei de la timpul t_i îi corespunde semnalul Vibroseis corelat reprezentat grafic în figura 8.

Cu deconvoluţia spike obişnuită se obţine semnalul reprezentat grafic în figura 9. Rezultatul acestei deconvoluţii este nesatisfăcător (s-ar putea interpreta că timpul de apariţie al reflecţiei este t_i' în loc de t_i) datorită faptului că autocorelaţia „sweepului", a^v, nu este de întîrziere minimă.

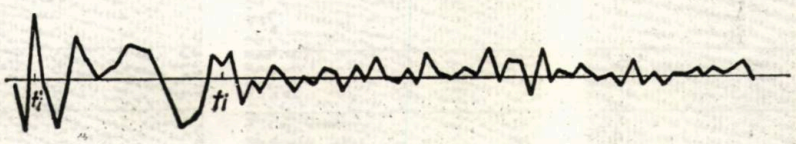


Fig. 9. — Deconvoluţia spike obişnuită aplicată semnalului Vibroseis reprezentat grafic în figura 8.

Cu deconvoluţia Vibroseis (vezi figura 10) contracţia semnalului se face aproximativ la nivelul duratei autocorelaţiei „sweepului". Această durată depinde, desigur, de parametrii aleşi la generarea „sweepului".

În figura 11 se reprezintă o seismogramă Vibroseis corelată (stînga), rezultatul aplicării pe această seismogramă a deconvoluției spike obișnuite (mijloc) și a deconvoluției Vibroseis (dreapta).

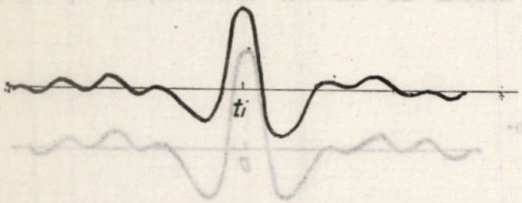


Fig. 10. — Deconvoluția Vibroseis aplicată semnalului reprezentat grafic în figura 8.

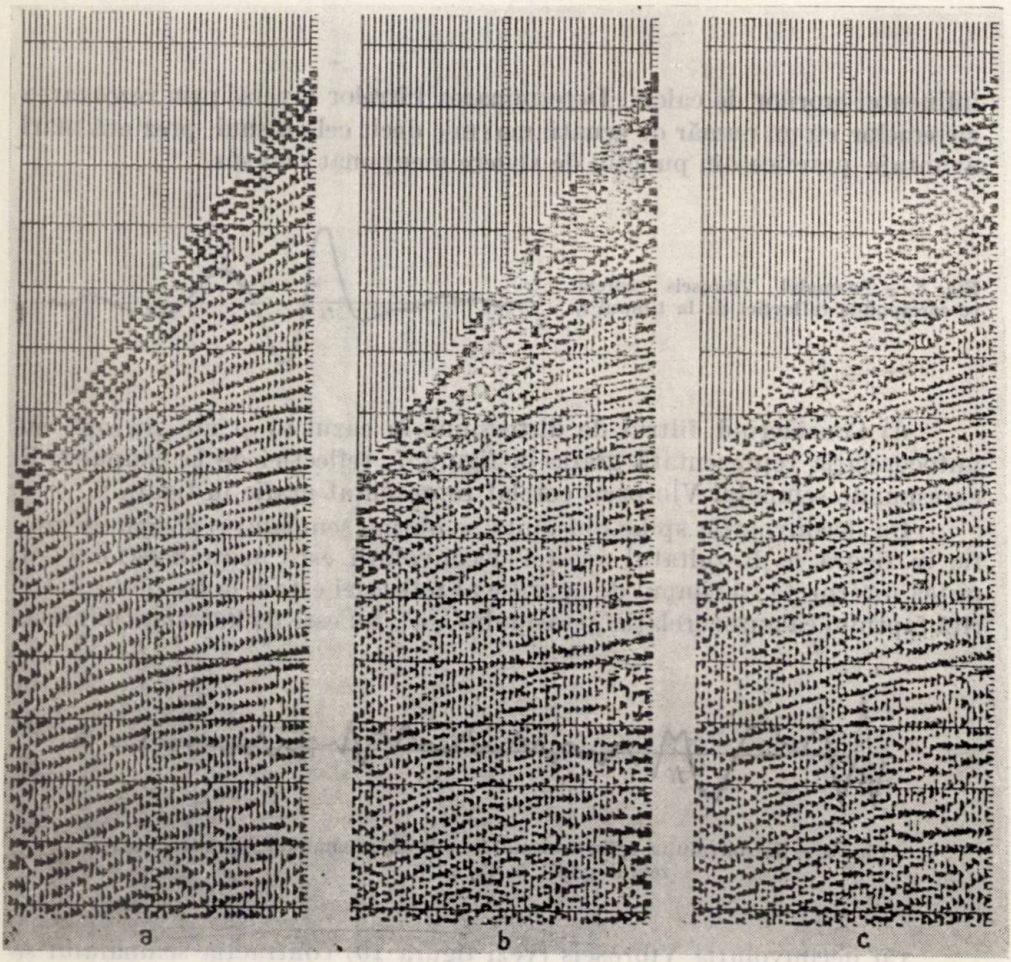


Fig. 11. — Deconvoluția unei seismograme Vibroseis corelate: *a*) — seismogramă nedeconvoluată; *b*) — seismograma după aplicarea deconvoluției spike obișnuite; *c*) — seismograma după aplicarea deconvoluției Vibroseis.

2.4. DECONVOLUȚIA PREDICTIVĂ DINAMICĂ

Această metodă de deconvoluție, introdusă de Robinson (1975), se bazează pe modelul seismic descris la începutul acestei lucrări ca un sistem (filtru) discret și recursiv cu funcția de transfer de forma (5).

Trasa seismică înregistrată (datele seismice observate) este de fapt răspunsul sistemului la impulsul unitar, adică șirul de numere

$$x = (x_0, x_1, x_2, \ldots). \tag{19}$$

Aplicarea legii de conservare a energiei la acest model seismic (suma dintre energia înregistrată la suprafață și cea care se pierde în fundament este egală cu 1, adică cu energia impulsului unitar) conduce la sistemul de ecuații

$$\sum_{n=0}^{N} d_n \varphi_{k-n} = -\varphi_k, \qquad k = 1,2,\ldots,N, \tag{20}$$

unde $\varphi_0 = 1 - \psi_0$ și $\varphi_k = -\psi_k$ pentru $k \neq 0$. Prin ψ s-a notat autocorelația trasei seismice (19), adică

$$\psi_k = \sum_{n=0}^{\infty} x_{n+|k|}\, x_n.$$

Din sistemul de ecuații (20) se pot determina coeficienții polinomului $D_N(z)$, care constituie filtrul de deconvoluție. Aplicînd acest filtru trasei seismice (19) se obțin coeficienții polinomului $C_N(z)$:

$$c_n = \sum_{n=0}^{N} d_n x_{m-n}, \qquad m = 0,1,\ldots,N.$$

Acești coeficienți (trasa seismică deconvoluată) reprezintă o primă aproximație a coeficienților de reflecție, adică

$$(c_0, c_1, \ldots, c_N) \approx (r_N, r_{N-1}, \ldots, r_0),\ c_0 = r_N \text{ și } c_N = r_0.$$

Pentru a obține valorile exacte ale coeficienților de reflecție, Robinson (1975) indică procedeul numit „descompunere polinomială". Cu acest procedeu, folosind formula (4) scrisă sub forma

$$R_n(z) = \frac{C_n(z)}{D_n(z)} = \frac{[R_{n+1}(z) - r_{n+1}]/(1 - r_{n+1}^2)}{z^{-1}[1 - r_{n+1}R_{n+1}(z)]/(1 - r_{n+1}^2)}, \quad |r_{n+1}| \neq 1, \tag{21}$$

și avînd ca punct de plecare funcția de transfer $R_N(z) = C_N(z)/D_N(z)$ se determină funcțiile de transfer

$$R_n(z) = \frac{C_n(z)}{D(z)} = \frac{c_{on} + c_{1n}z^{-1} + \ldots + c_{nn}z^{-n}}{1 + d_{1n}z^{-1} + \ldots + d_{nn}z^{-n}}, \qquad n = N-1, N-2, \ldots 0.$$

Odată cu aceste funcţii de transfer rezultă, desigur, şi coeficienţii de reflecţie ($r_n = c_{0n}$).

Vom face următoarea observaţie :

Coeficienţii de reflecţie $r_N, r_{N-1}, \ldots, r_0$ pot fi determinaţi din primii $N + 1$ termeni ai şirului (19) fără a efectua operaţia de deconvoluţie dinamică predictivă.

Transformata z a şirului (19),

$$X(z) = x_0 + x_1 z^{-1} + x_2 z^{-2} + \ldots,$$

fiind dezvoltarea în serie de puteri a lui $R_N(z)$, $R_{N-1}(z)$ se poate determina cu relaţia

$$R_{N-1}(z) = \frac{[X(z) - r_N]/(1 - r_N^2)}{z^{-1}[1 - r_N X(z)]/(1 - r_N^2)}, \quad |r_N| \neq 1.$$

Cu notaţia

$$X_N(z) = x_0 + x_1 z^{-1} + \ldots + x_N z^{-N}$$

se observă că

$$R'_{N-1}(z) = \frac{[X_N(z) - r_N]/(1 - r_N^2)}{z^{-1}[1 - r_N X_{N-1}(z)]/(1 - r_N^2)}, \quad |r_N| \neq 1,$$

are aceiaşi primi N termeni ai dezvoltării în serie de puteri ca şi $R_{N-1}(z)$ (vezi prima formulă din (6)).

Pornind de la $R'_{N-1}(z)$, prin descompunere polinomială, se pot obţine polinoamele raţionale $R'_{N-2}(z), R'_{N-3}(z), \ldots, R'_0(z)$.

Dezvoltarea în serie de puteri a fiecărui polinom raţional,

$$R'_n(z) = \frac{c'_{on} + c'_{1n} z^{-1} + \ldots + c'_{nn} z^{-n}}{1 + d'_{1n} z^{-1} + \ldots + d'_{nn} z^{-n}},$$

are, tot pe baza formulelor (6), aceiaşi primi $n + 1$ termeni ca şi dezvoltarea lui $R_n(z)$ şi deci

$$r_n = c_{0n} = c'_{0n}.$$

Verificarea rezultatelor şi concluzii

Cele prezentate mai sus au fost verificate pentru diferite modele cu ajutorul unui calculator. Dintre acestea se reprezintă grafic coeficienţii de reflecţie ai unui model seismic cu 27 straturi (fig. 12), răspunsul sistemului respectiv la impulsul unitar (fig. 13), coeficienţii polinomului $D_N(z)$ ce reprezintă filtrul de deconvoluţie (fig. 14) şi coeficienţii polinomului $C_N(z)$ ce reprezintă răspunsul deconvoluat (fig. 15).

Menţionăm faptul că luînd $N' > N$, soluţia sistemului de ecuaţii (20) este

$$(d_1, d_2, \ldots, d_N, d_{N+1} = 0, \quad d_{N+2} = 0, \ldots, d_{N'} = 0),$$

deci N rezultă indirect.

Pentru N mare (de ordinul miilor), programarea la calculator a algoritmilor prezentaţi mai sus este dificilă datorită influenţei erorilor de calcul.

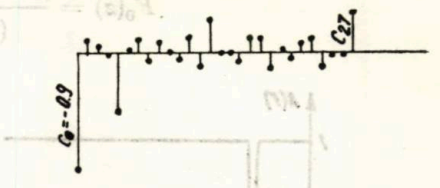


Fig. 12. — Coficienţii de reflecţie a modelului cu 27 de straturi.

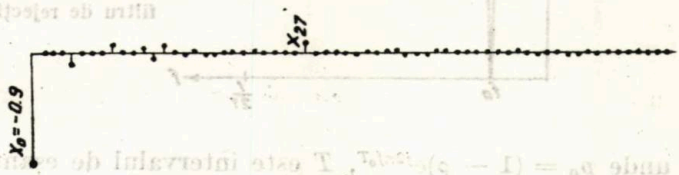


Fig. 13. — Răspunsul sistemului respectiv la impulsul unitar.

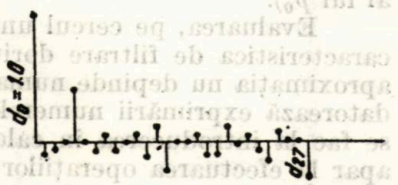


Fig. 14. — Coeficienţii polinomului $D_N(z)$.

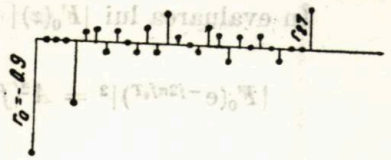


Fig. 15. — Coeficienţii polinomului $C_N(z)$.

3. CALCULUL ŞI REALIZAREA UNUI FILTRU NUMERIC „NOTCH"

Cînd zgomotul aditiv $n(t)$ este sinusoidal, adică (3), are forma

$$x'(t) = s(t) * h(t) + \eta sin(2\pi f_0 t), \ \eta \in R, \qquad (3')$$

pentru mărirea raportului semnal/zgomot (acest raport joacă un rol important asupra calităţii prelucrării materialului seismic şi în special asupra calităţii deconvoluţiei) se poate utiliza un filtru numeric de rejecţie a frecvenţei f_0 (filtru numeric „notch").

Acest zgomot apare în special datorită influenţei liniilor electrice de înaltă tensiune ce se găsesc în apropierea dispozitivului de înregistrare, f_0 avînd valoarea de 50 Hz.

În figura 16 se reprezintă grafic caracteristica amplitudine-frecvenţă pe care trebuie s-o aibă, în cazul ideal, un filtru de rejecţie a frecvenţei f_0.

Pentru calculul unui astfel de filtru se consideră funcţia de transfer de forma

$$F_0(z) = \frac{(z - e^{j2\pi f_0 T})(z - e^{-j2\pi f_0 T})}{(z - p_0)(z - \bar{p}_0)}, \tag{22}$$

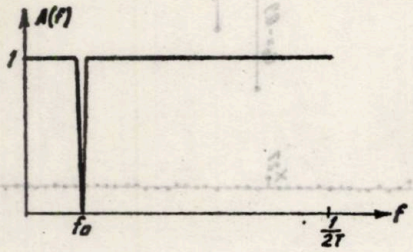


Fig. 16. — Caracteristica amplitudine-frecvenţă dorită pentru un filtru de rejecţie a frecvenţei f_0.

unde $p_0 = (1 - \rho)e^{j2\pi f_0 T}$, T este intervalul de eşantionare, iar ρ o cantitate pozitivă subunitară (desigur, prin $\bar{p}_0$ s-a notat conjugatul complex al lui p_0).

Evaluarea, pe cercul unitate din planul z, a lui $F_0(z)$ aproximează caracteristica de filtrare dorită ce este reprezentată în figura 16, dar aproximaţia nu depinde numai de valoarea lui ρ ci şi de a erorilor ce se datorează exprimării numerelor prin cuvinte de lungime finită (erori ce se fac la introducerea în calculator a constantelor ρ şi f_0 şi a celor ce apar la efectuarea operaţiilor aritmetice).

În continuare, se face o analiză matematică asupra posibilităţilor practice de realizare numerică a unui astfel de filtru.

În evaluarea lui $|F_0(z)|$ pe cercul unitate din planul z,

$$|F_0(e^{-j2\pi f_0 T})|^2 = A^2(f) = \frac{4\sin^2[\pi T(f - f_0)]}{4(1 - \rho)\sin^2[\pi T(f - f_0)] + \rho^2} \cdot \tag{23}$$

$$\cdot \frac{4\sin^2[\pi T(f + f_0)]}{4(1 - \rho)\sin^2[\pi T(f + f_0)] + \rho^2},$$

cu $0 \leqslant |f| \leqslant \frac{1}{2T}$, se observă că $A(f_0) = 0$, iar pentru $f \neq f_0$ şi $\rho \to 0$, $A(f)$ tinde spre 1. De asemenea, deoarece $\rho << 2\sin[\pi T(f + f_0)]$ (cazurile cu $f = 0$ sau $f = \frac{1}{2T}$ pot fi studiate direct) în studiul care urmează se consideră că al doilea factor din (23) este egal cu 1.

Se presupune că influenţa erorilor de calcul se reflectă în schimbarea poziţiei zerourilor lui (22) din $e^{\pm j2\pi f_0 T}$ în $e^{\pm j(2\pi f_0 T + \delta)}$, cu alte cuvinte în locul filtrării corespunzătoare funcţiei de transfer (22) se realizează o filtrare corespunzătoare funcţiei de transfer ce rezultă din (22) prin înlocuirea numărătorului

$$1 - 2\cos(2\pi f_0 T)z^{-1} + z^{-2}$$

prin

$$1 - [2\cos(2\pi f_0 T) + \varepsilon_0]z^{-1} + z^{-2},$$

deci se foloseşte substituţia

$$2\cos(2\pi f_0 + \delta) = 2\cos(2\pi f_0) + \varepsilon_0,$$

din care rezultă

$$\delta \approx \frac{\varepsilon_0}{2\sin(2\pi f_0)},$$

unde se presupune că eroarea ε_0 poate fi evaluată în funcţie de lungimea de cuvînt a calculatorului folosit, cel puţin ca ordin de mărime

Deoarece $A(f)$ se va anula acum pentru $f = f_0 + \frac{\delta}{2\pi T}$, o primă condiţie ce se impune pentru realizarea unei anumite rejecţii a frecvenţei f_0 este

$$A^2(f) = \frac{4\sin^2\frac{\delta}{2}}{4(1-\rho)\sin^2\frac{\delta}{2} + \rho^2} \leqslant \eta_1, \tag{24}$$

unde $|\delta| = |\delta_{max}|$, iar $0 < \eta_1 < < 1$

O a doua condiţie ce se impune, pentru realizarea unei aproximări cît mai bune pentru caracteristica de filtrare dorită, este ca valoarea lui $A(f)$, pentru $|f - f_0| > \frac{\Delta}{2\pi T}$, să se apropie cît mai mult de 1, adică

$$A^2(f) = \frac{4\sin^2\frac{\Delta}{2}}{4(1-\rho)\sin^2\frac{\Delta}{2} + \rho^2} > 1 - \eta_2, \tag{25}$$

unde $|\Delta| > > \delta_{max}$, iar $0 < \eta_2 < < 1$.

Inegalităţile (24) şi (25) se pot scrie, aproximativ, sub forma

$$2\sqrt{\eta_2}\left|\sin\frac{\Delta}{2}\right| > \rho > \frac{2}{\sqrt{\eta_1}}\left|\sin\frac{\delta}{2}\right|, \tag{26}$$

din care se poate observa de ce cu această metodă nu s-a putut realiza anumite condiţii de filtrare impuse de rezolvarea problemelor practice (date aici prin parametrii η_1, η_2 şi Δ) în cadrul unui sistem de prelucrare a datelor seismice în care coeficienţii filtrului se pot calcula în virgulă mobilă însă nu pot fi aplicaţi decît traselor seismice ale căror eşantioane se reprezintă prin cuvinte în virgulă fixă cu o lungime de 16 biţi (deci con-

voluția se realizează numai în virgulă fixă). De exemplu, dacă se ia $|\Delta| = 9|\delta_{max}|$ pentru condițiile de filtrare, rezultă (din (26)) restricția $\sqrt{\eta_1\eta_2} \geq \frac{1}{9}$.

Pentru îmbunătățirea metodei de calcul s-au considerat funcțiile de transfer

$$H(z) = F_{-1}(z)F_0(z)F_1(z),$$

unde $F_{-1}(z)$ și $F_1(z)$ sînt tot de forma lui $F_0(z)$ cu deosebirea că p_0 se înlocuiește, respectiv, prin

$$p_{-1} = (1 - \rho e^{j\theta})e^{j2\pi f_0 T}$$

și

$$p_1 = (1 - \rho e^{-j\theta})e^{j2\pi f_0 T}.$$

În figura 17 se reprezintă pozițiile din planul z (numai semiplanul superior) ce corespund zerourilor și polilor lui $H(z)$.

În continuare, se caută să se justifice matematic de ce cu filtrul calculat cu această metodă se obțin performanțe superioare cazului precedent.

Se presupune că erorile de calcul de la realizarea filtrului se reflectă într-o modificare a zerourilor lui (27) ce corespunde, respectiv, frecvențelor $f_0 + \frac{\delta_1}{2\pi T}$, unde $|\delta_1| \leqslant |\delta_{max}|$ (pentru $F_0(z)$) și $f_0 \pm \frac{\delta_2}{2\pi T}$, unde δ_2 este o constantă cu $|\delta_2| < |\delta_{max}|$ (în funcție de δ_2 se alege și θ astfel încît fiecare pol să se găsească pe aceeași rază cu cîte un zero).

Dacă se presupune că există un ρ' care verifică inegalitatea (26), atunci evaluarea pe cercul unitate din planul z a pătratului modulului lui (27), pentru $f = f_0$, este majorată de $\eta_1' = \eta_1^3$, iar pentru $f = f_0 + \frac{\Delta}{2\pi T}$ este minorată de $1 - \eta_2'$, unde $\eta_2' \approx 3\eta_2$ (s-a presupus că $\frac{\Delta + \delta_2}{2\pi T} + f_0 \approx \frac{\Delta}{2\pi T} + f_0$).

Deci, în ipoteza că $|\Delta| = 9|\delta_{max}|$ și $\eta = \eta_1 = \eta_2$, rezultă $\sqrt{\eta_1'\eta_2'} \geq \frac{1}{27}$.

De aceea, în cazul acestei funcții de transfer s-au putut găsi valori pentru ρ în așa fel încît filtrul realizat în cadrul sistemului de prelucrare a datelor seismice menționat mai sus să aibă performanțe satisfăcătoare.

Despre implementarea acestui filtru menționăm că s-au obținut rezultate mai bune (în special din punct de vedere al timpului de calculator) în cazul realizării ca un filtru cu răspuns finit la impuls (se calculează, în virgulă mobilă, coeficienții funcției de transfer și apoi coeficienții

funcţiei pondere corespunzătoare care se aplică traselor seismice cu ajutorul unui „convolver"), dar filtrul poate fi realizat şi ca un filtru recursiv.

În figura 18 se reprezintă grafic funcţia pondere a filtrului ce rezultă în cazul cînd se ia $f_0 = 50$ Hz., $T = 2$ ms., $\rho = 0{,}06$ şi numărul de puncte egal cu 180.

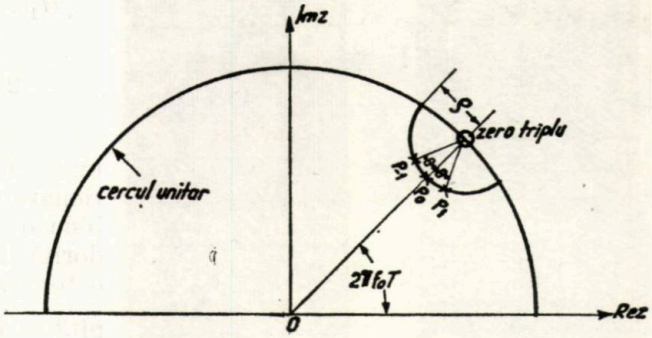


Fig. 17. — Poziţiile zerourilor şi polilor funcţiei de transfer $H(z)$.

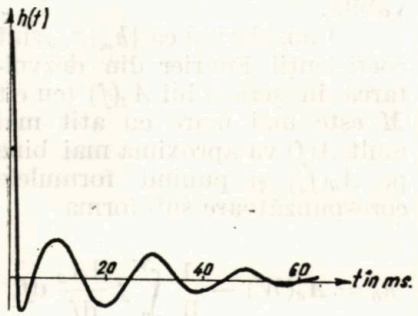


Fig. 18. — Funcţia pondere a filtrului „notch" realizat.

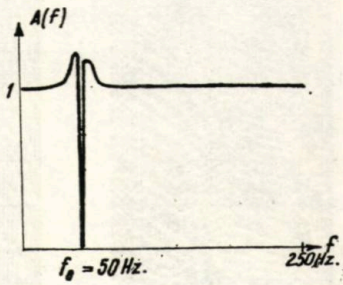


Fig. 19. — Caracteristica amplitudine-frecvenţă a filtrului „notch" realizat.

În figura 19 se reprezintă grafic caracteristica amplitudine-frecvenţă a acestui filtru, iar în figura 20 rezultatul aplicării aceluiaşi filtru pe două seismograme cu zgomot sinusoidal de 50 Hz.

4. CALCULUL ŞI REALIZAREA UNUI FILTRU NUMERIC DE TRECERE ŞI DE FAZĂ ZERO

Pentru atenuarea zgomotului aditiv, ce apare în special după prelucrările de deconvoluţie, în final se pot utiliza filtre de trecere realizate ca filtre de fază zero.

Fie

$$H_1(z) = h_M z^{-M} + h_{M-1} z^{-M+1} + \ldots + h_1 z^{-1} + h_0 + h_1 z + \ldots + h_M z^M$$

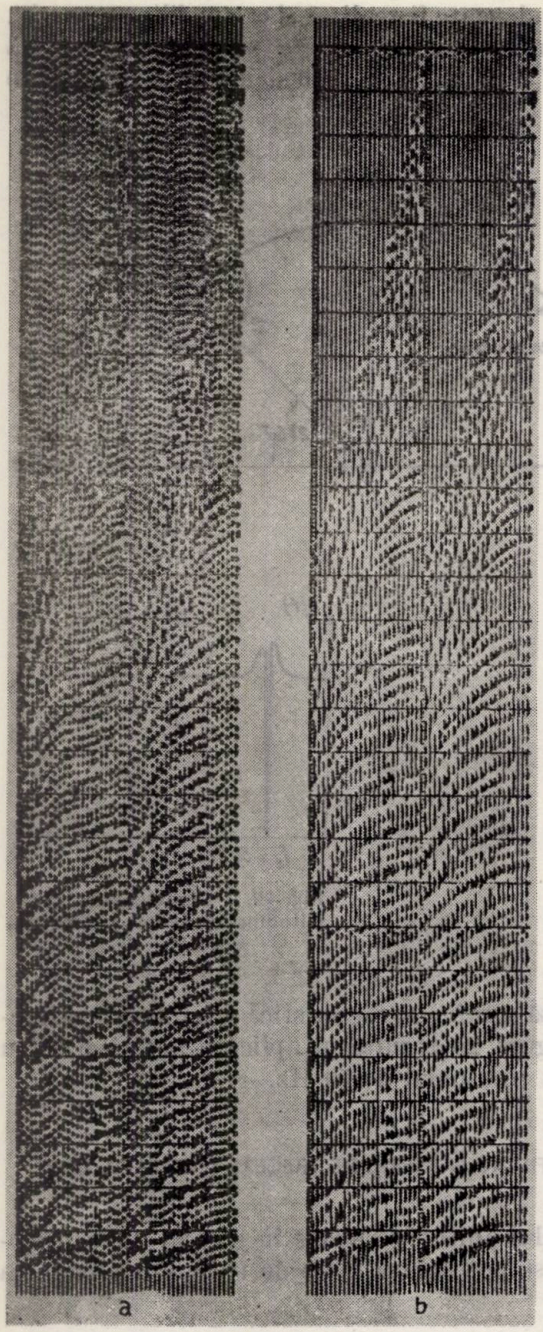


Fig. 20. — Rezultatul aplicării filtrului „notch" calculat: *a*) — seismograme nefiltrate; *b* — seismograme filtrate.

funcția de transfer a unui astfel de filtru. Coeficienții $\{h_M\}_{m=0}^{M}$ se calculează în așa fel încît caracteristica amplitudine-frecvență

$$|H_1(z)|_{z=e^{j2\pi f}} = A(f) = h_0 + \\ + 2\sum_{m=1}^{M} h_m \cos(2\pi m T f),$$

unde T este intervalul de eșantionare, să aproximeze cît mai bine o caracteristică de trecere dorită $A_d(f)$. Desigur, $A_d(f)$ este o funcție pozitivă și pară, definită pe intervalul $\left(-\frac{1}{2T}, \frac{1}{2T}\right)$, pe care o presupunem și derivabilă.

Considerînd că $\{h_m\}_{m=0}^{M}$ sînt coeficienții Fourier din dezvoltarea în serie a lui $A_d(f)$ (cu cît M este mai mare cu atît mai mult $A(f)$ va aproxima mai bine pe $A_d(f)$) și punînd formulele corespunzătoare sub forma

$$h_0 = A_d(W) - \frac{1}{W}\int_0^W f \frac{\mathrm{d}A_d}{\mathrm{d}f}\,\mathrm{d}f,$$

și

$$h_m = \frac{1}{\pi m}\int_0^W \sin(2\pi f m T)\frac{\mathrm{d}A_d}{\mathrm{d}f}\,\mathrm{d}f,$$

$$m = 1, 2, \ldots, M,$$

unde $W = \frac{1}{2T}$, pentru calculul coeficienților acestui filtru rezultă formule simplificate cînd $A_d(f)$ se definește inginerește prin frecvențele de tăiere, f_t și f_s, și prin valorile pantelor tangentelor la caracteristică în aceste puncte, respectiv, S_t și S_s. Pentru exprimarea în decibeli pe octavă a lui S_t (și S_s) se

folosește formula

$$S_i = 20\log_{10}\left[1 + \frac{\left|f\dfrac{dA_d}{df}\right|}{A_d(f)}\right] \qquad \text{pentru } f = f_i.$$

La calculul unui filtru trece bandă s-a folosit pentru A_d(f) descrierea analitică propusă de Orsmby (1961) rezultînd formulele de calcul pentru coeficienți. În figura 21 se reprezintă caracteristica dorită $A_d(f)$ ce rezultă pentru $f_i = 15$ Hz., $f_s = 60$ Hz., $S_i = 20$ db./ octavă, $S_s = 40$ db./octavă și $W = \dfrac{1}{2T} = 250$ Hz.

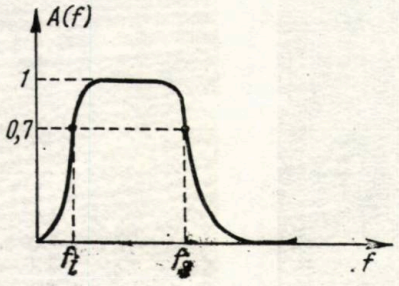


Fig. 21. — Caracteristica de filtrare dorită $A_d(f)$.

În continuare, se fac cîteva observații practice în legătură cu realizarea filtrelor numerice calculate cu metoda descrisă mai sus și implementate în cadrul sistemului de prelucrare a datelor seismice despre care s-a vorbit mai sus.

Pentru ca trasa seismică să aibă după filtrare aceeași energie ca și înainte de filtrare, coeficienții filtrului, determinați cu formulele derivate din (28), sînt normalizați prin

$$h'_n = \frac{h_n}{\sqrt{\sum_{m=-M}^{M} h_m^2}}; \quad n = 0,1, \ldots M.$$

Această normalizare, care se impune în special în cazul filtrării variabile în timp a trasei, se justifică prin a considera faptul că funcția pon-

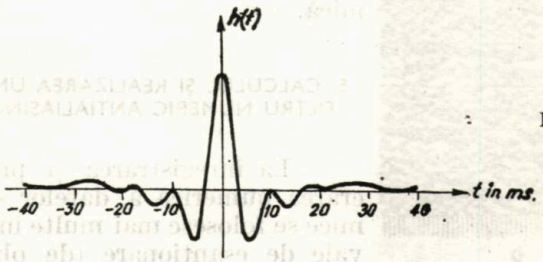


Fig. 22. — Funcția pondere a filtrului de fază zero calculat.

dere a unui filtru este răspunsul la impulsul unitar δ (deci trebuie să aibă energia egală cu 1).

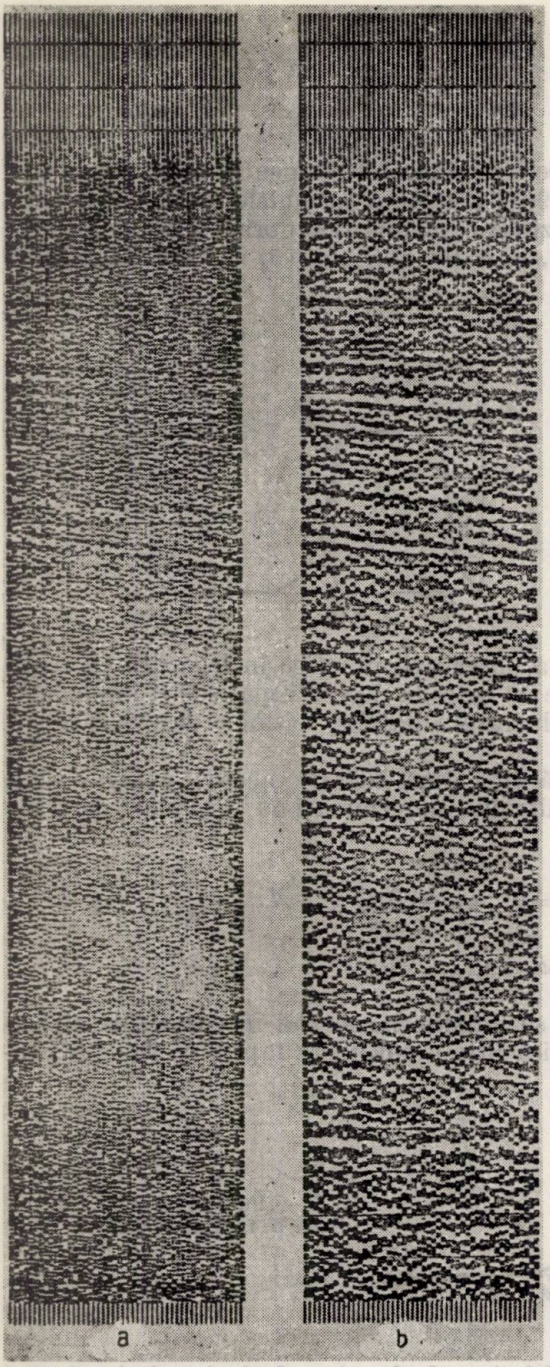


Fig. 23. — Rezultatul aplicării filtrului numeric de fază zero calculat: *a*) — seismograme nefiltrate; *b*) — seismograme filtrate.

Pentru ca aproximaţia caracteristicii dorite $A_d(t)$ să fie mai bună, trebuie ca numărul de puncte al filtrului, $N = 2M + 1$, să fie cît mai mare. Totuşi, datorită influenţei erorilor de calcul (erorile de la calculul coeficienţilor filtrului, care se face în virgulă mobilă, şi cele de la realizarea numerică a filtrării, care se foloseşte de operaţii aritmetice în virgulă fixă) există un N_{optim} peste care o mărire a numărului de puncte al filtrului nu mai aduce îmbunătăţiri la realizarea caracteristicii de filtrare dorite. Acest N_{optim} depinde de minimul dintre rapoartele S_i/f_i şi $S_s/(W - S_s)$. Notînd acest raport cu α s-a stabilit, experimental, următoarea relaţie:

$$N_{optim} = \sqrt{5\,000\alpha}$$

(desigur, numărul de puncte nu poate să depăşească, din punct de vedere practic, o anumită valoare).

Pentru caracteristica reprezentată grafic în figura 21 s-a calculat un filtru numeric de fază zero cu $N = 81$, a cărei funcţie pondere este reprezentată grafic în figura 22. În figura 23 se poate observa rezultatul aplicării acestui filtru pe o porţiune dintr-o secţiune seismică.

5. CALCULUL ŞI REALIZAREA UNUI FILTRU NUMERIC ANTIALIASING

La înregistrarea şi prelucrarea numerică a datelor seismice se folosesc mai multe intervale de eşantionare (de obicei aceste intervale sînt de 1, 2, 4 sau 8 milisecunde). De aceea, în timpul prelucrării numerice a

unei trase seismice apare necesitatea reeşantionării sale în vederea economisirii de timp de calculator sau a măririi eficacităţii unor prelucrări.

Pentru eşantionarea trasei cu un interval de eşantionare mai mare decît cel iniţial ($T' > T$) trebuie îndeplinită, desigur, condiţia ca semnalul de pe trasă să fie un semnal limitat bandă $W = \frac{1}{2T'}$.

O problemă ce apare în acest caz este aceea a zgomotului aditiv ce are spectrul cuprins în intervalul de frecvenţă $\frac{1}{2T'} < |f| < \frac{1}{2T}$, care, datorită fenomenului de aliasing, după eşantionare nu mai poate fi îndepărtat printr-o filtrare trece jos (eventual, prin aplicarea, în final, a unui

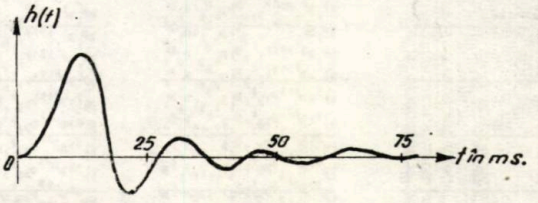


Fig. 24. — Funcţia pondere a filtrului antialiasing calculat.

filtru numeric de fază zero). De aceea, acest zgomot trebuie atenuat înaintea reeşantionării printr-o filtrare numerică trece jos şi de fază (întîrziere) minimă (pentru a păstra caracterul de întîrziere minimă al semnalului seismic în vederea prelucrării de deconvoluţie).

În continuare se prezintă un mod de calcul şi realizare, în cadrul sistemului de prelucrare a datelor seismice ce s-a avut la dispoziţie şi despre care s-au menţionat anumite caracteristici, a unui filtru numeric trece jos, antialiasing şi de întîrziere minimă.

Considerînd filtru trece jos de tip Butterworth s-a ajuns la funcţia de transfer a filtrului numeric trece jos cu frecvenţa de tăiere $\omega_c = 2\pi f_c'$ (vezi formulele (46) şi (63) din lucrarea lui Bardan (1978)). Prin f_c' s-a notat frecvenţa de tăiere la 3 decibeli (pentru $f = f_c'$ valoarea caracteristicii amplitudine-frecvenţă $A(f_c')$, este cu 3 decibeli mai mică decît valoarea $A(0)$, adică $A(f_c') = 0{,}7A(0) = 0{,}7$).

Despre implementarea acestui filtru se pot face aceleaşi observaţii ca şi în cazul filtrului „notch" (vezi § 3).

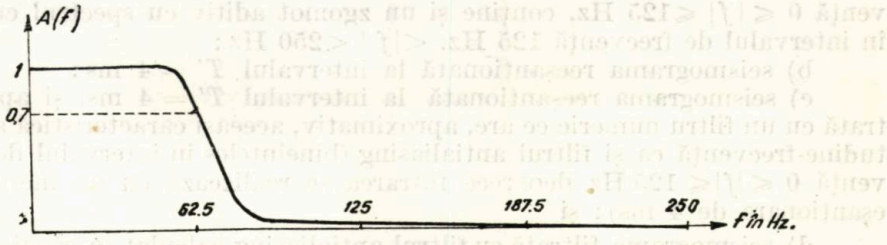


Fig. 25. — Caracteristica amplitudine-frecvenţă a filtrului antialiasing calculat.

În figurile 24 şi 25 se reprezintă grafic, respectiv, funcţia pondere şi caracteristica amplitudine-frecvenţă a filtrului numeric antialiasing cal-

culat cu această metodă (pentru $f_c' = 62{,}5$ Hz., $T=2$ ms., ordinul filtrului Butterworth $n = 4$ și numărul de puncte al filtrului $N = 55$) și implementat ca un filtru cu răspuns finit la impuls.

În figura 26 se reprezintă reeșantionarea unei seismograme cu sau fără aplicarea prealabilă a filtrului antialiasing după cum urmează :

a) seismogramă sintetică înregistrată cu $T = 2$ ms, care, pe lîngă semnalul seismic (două reflecții) cu spectrul cuprins în intervalul de frec-

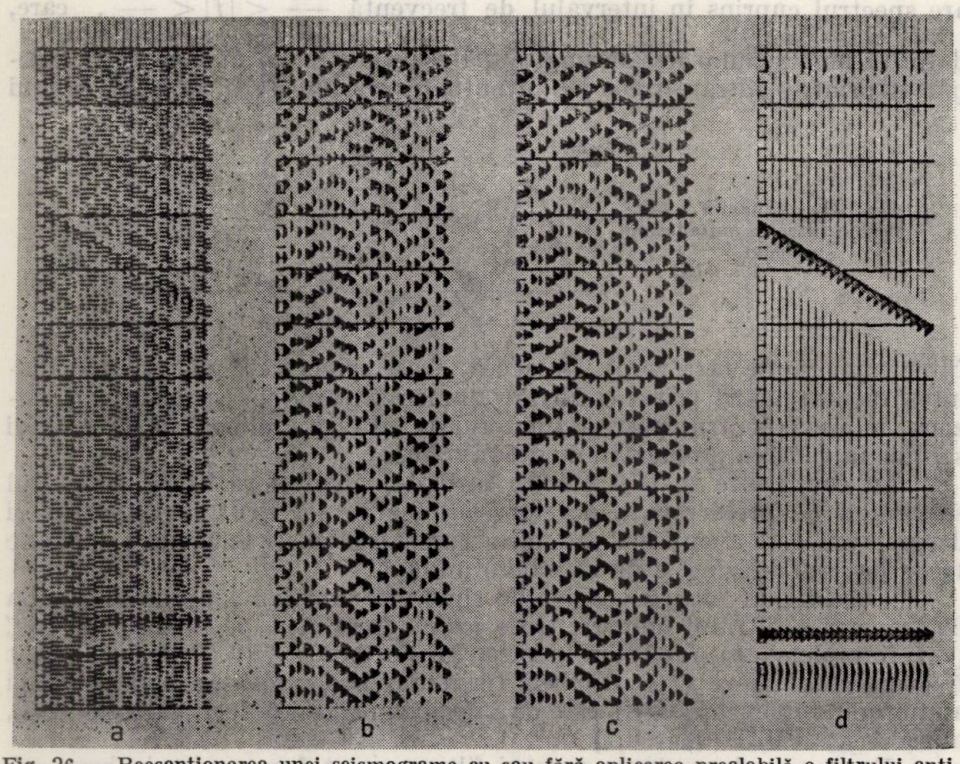


Fig. 26. — Reeșantionarea unei seismograme cu sau fără aplicarea prealabilă a filtrului antialiasing.

vență $0 \leqslant |f| \leqslant 125$ Hz, conține și un zgomot aditiv cu spectrul cuprins în intervalul de frecvență 125 Hz. $< |f| < 250$ Hz ;

b) seismograma reeșantionată la intervalul $T' = 4$ ms ;

c) seismograma reeșantionată la intervalul $T' = 4$ ms. și apoi filtrată cu un filtru numeric ce are, aproximativ, aceeași caracteristică amplitudine-frecvență ca și filtrul antialiasing (bineînțeles în intervalul de frecvență $0 \leqslant |f| \leqslant 125$ Hz deoarece filtrarea se realizează cu un inerval de eșantionare de 4 ms) ; și

d) seismograma filtrată cu filtrul antialiasing calculat (a cărui caracteristică amplitudine-frecvență este reprezentată grafic în figura 25) și apoi reeșantionată la intervalul $T' = 4$ ms.

Se poate observa că pe lîngă atenuarea zgomotului aditiv (care la reeșantionare distruge complet semnalul datorită fenomenului de aliasing)

prin filtrarea antialiasing se distorsionează puţin şi semnalul util, în special din punct de vedere al întîrzierii sale. Această întîrziere se poate compensa printr-o decalare a eşantioanelor trasei filtrate cu un timp egal cu cel la care se găseşte maximul funcţiei pondere (în cazul funcţiei pondere reprezentată grafic în figura 24 decalarea se poate lua de aproximativ —14 ms).

Primit la redacţie
la 15 septembrie 1977

BIBLIOGRAFIE

1. ANSTEY, N. A., NEWMAN, P., *The Sectional Auto-correlogram and Sectional Retro-correlogram.* Geophysical Prospecting, **14**, 389—426 (1966).
2. BACKUS, M. M., *Water Reverberations — Their Nature and Elimination.* Geophysics, **24**, 233—261 (1959).
3. BARDAN. V., *Filtrarea numerică în seismică.* Buletin tehnico-ştiinţific I.P.G.G.H., I. 2, 5—13 (1971).
4. BARDAN, V., *On the Deconvolution of Shot and Vibroseis Seismic Records,* Revue roum. de géol., géopys. et géogr., serie de Géophysique, **21**, 117—134 (1977).
5. BARDAN, V., *Comment on DYNAMIC PREDICTIVE DECONVOLUTION.* Geophysical Prospecting, **25**, 569—572 (1977).
6. BARDAN, V., *Unele aplicaţii ale teoriei distribuţiilor la reprezentarea semnalelor şi a sistemelor liniare.* St. cerc. geol., geofiz. şi geogr., seria Geofizică, **16**, 53—86 (1978).
7. BERKHOUT, A. J., ZAANEN, P. R., *A Comparison between Wiener Filtering, Kalman Filtering, and Deterministic Least Squares Estimation.* Geophysical Prospecting, **24**, 141—197 (1976).
8. BERRYMAN, L. H., GOUPILLAUD, P. L. et al, *Reflections from Multiple Transition Layers.* Geophysics, **23**, 223—252 (1958).
9. BURNS, W. R., *A Statistically Optimized Deconvolution,* Geophysics, **33**, 255—264 (1968).
10. CADZOW, A. J., *Digital Notch Filter Desing Procedure.* IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Processing, ASSP—22, 10—15, 1974.
11. CLAASEN, T. A. C. M., MECKLENBRAUKE, W.F.G. et al, *Effects of Quantization and Overflow in Recursive Digital Filters.* IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Processing, ASSP—24, p. 517—528, 1976.
12. CLARKE, G.K.C., *Time-Varying Deconvolution Filters.* Geophysics, **33**, 933—944 (1968).
13. CRUMP. N. D., *A Kalman Filter Approach to the Deconvolution of Seismic Signal.* Geophysics, **49**, 1—13 (1974).
14. FRANKS, L. E., *Signal Theory, Prentice-Hall.* Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1969.
15. GALBRAITH, J. N., *Computer Studies of Microseismic Statics with Applications to Prediction and Detection.* Ph. D. Thesis M. I. T., Mass,. 1963.
16. GOLD, B., RADER, M., *Digital Processing of Signal.* Mc Graw Hill Book Company, New York, 1969.
17. GURBUZ, B. M., *Signal Enhancement of Vibratory Source Data in Presence of Attenuation.* Geophysical Prospecting, **20**, 421—438 (1972).
18. KUNETZ, G., FOURMANN, J. M., *Efficient Deconvolution of Marine Seismic Records.* Geophysics, **33**, 412—423 (1968).
19. LANDRUM, R. A., *Wiener Filter Compression of Vibroseis Signals.* 42-nd SEG-Meeting Anaheim, 1972.
20. LEVINSON, N., *The Wiener RMS Error Criterion in Filter Design and Prediction — Appendix B of N. Wiener.* Extrapolation, Interprolation, and Smoothing of Stationary Time Series, John Wiley, New York, 1949.
21. LINDSEY, J. P., *Elimination of Seismic Ghost Reflections by Means of a Linear Filter.* Geophysics, **25**, 130—140, 1960.
22. OPPENHEIM, A. V., SCHAFER, R. W., *Digital Signal Processing,* Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.
23. ORSMBY, F. A., *Design of Numerical Filters with Application to Missile Data Processing.* The Meeting of the Association Space Technology Laboratories, Inc. Report No STL/ /TR—6000—09123, 1960.

24. Peacock, K. L., Treitel, S., *Predictive Deconvolution — Theory and Practice*. Geophysics, **34**, 155—168, (1969).
25. Rabiner, L. P., Cooley, J. W. et al, *Terminology in Digital Signal Processing*. IEEE Trans. on Audio and Electroacoustics, AU—20, 233—337, (1972).
26. Ristow, D., Jurczyk, D., *Vibroseis Deconvolution*. Geophysical Prospecting, **23**, 363—379 (1975).
27. Robinson, E. A., *Predictive Decomposition of Time Series with Application to Seismic Exploration*. Ph. D. Thesis, M. I. T., Cambridge, Mass,. Reprinted in Geophysics, **32**, 418—484 (1967).
28. Robinson, E. A., *Random Wavelets and Cybernetic System*, Charles Griffin, London, 1962.
29. Robinson, E. A., Treitel, S., *Principles of Digital Wiener Filtering*. Geophysical Prospecting, **15**, 311—333 (1967).
30. Robinson, E. A., *Statistical Communication and Detection with special Reference to Digital Processing of Radar and Seismic Signals*. Griffin, London, 1967.
31. Robinson, E. A., *Dinamic Predictive Deconvolution*. Geophysical Prospecting, **23**, 779—797 (1975).
32. Steiglitz, K., *The Equivalence of Analog and Digital Signal Processing*. Inform. Control *8*, 455—467 (1965).
33. Shanks, J. L., *Recursion Filters for Digital Processing*. Geophysics, **32**, 33—51 (1967).
34. Treitel, S., Robinson, E. A., *The Design of High-Resolution Digital Filters*. IEEE Trans. on Geoscience Electr., GE—**38**, 25—38 (1966).
35. Wuenschel, P. C., *Seismogram Synthesis Including Multiples and Transmission Coefficients*. Geophysics, **25**, 106—129 (1960).

SEISMIC DATA PROCESSING BY DIGITAL FILTERING

(ABSTRACT)

The seismic model used by Robinson (1975) for the predictive dynamic deconvolution is described as a discrete recursive filter, outlining:

— a new interpretation of the Backus type inverse filter;

— a simple presentation of the inverse filtering methods of widest use in seismic data processing (spike and predictive deconvolution); and

— some remarks regarding the dynamic predictive deconvolution method.

Details are also presented of the numerical realization, within a seismic data processing system, of frequency filters (zero-phase, notch, and minimum phase anti-aliasing).

MODELUL STRUCTURAL AL METAMORFITELOR DE LA PALAZU MARE, REZULTAT DIN STUDIUL ÎNTEGRAT AL DATELOR GEOLOGICE, GEOFIZICE ŞI PETROFIZICE[1]

DE

MARIUS VISARION, OSKAR MAIER, CORNEL NEDELCU-ION, RODICA ALEXANDRESCU

Institutul de geologie şi geofizică, Str. Caransebeş Nr. 1, Bucureşti

INTRODUCERE

Localizarea anomaliei magnetice de la Palazu Mare, cu peste 25 ani în urmă (Şt. Airinei, 1951), a constituit un succes important al geofizicii româneşti, care a declanşat ample lucrări de prospecţiune şi explorare. Ele au adus contribuţii însemnate cu privire la cunoaşterea reliefului, a succesiunii stratigrafice şi a constituţiei petrografice a formaţiunilor prepaleozoice, inclusiv a mineralizaţiei de fier, la separarea principalelor accidente disjunctive, precum şi la stabilirea unor caracteristici hidrogeologice ale cuverturii sedimentare. Rezultatele obţinute sînt consemnate într-o serie de lucrări publicate, menţionate în bibliografie, dintre care se detaşează studiul de sinteză elaborat de Sabba Ştefănescu şi colaboratorii (1961). Pe un plan mai general, contribuţiile aduse de cercetările geofizice la cunoaşterea geologică a Dobrogei sînt comentate într-o lucrare recentă (Şt. Airinei şi R. Botezatu, 1977).

Rezultatele cercetărilor geofizice şi petrofizice executate în ultimii ani, precum şi revalorificarea datelor geologice şi geofizice anterioare, permit formarea unei imagini noi asupra structurii metamorfitelor din zona Palazu Mare, cu implicaţii evidente de ordin ştiinţific şi aplicativ, care, după opinia autorilor, contribuie şi la creşterea gradului de cunoaştere geologică a structurii ascunse a Dobrogei sudice.

Încadrarea geologică regională a zonei Palazu Mare

După datele geologice şi geofizice actuale se consideră că regiunea Palazu Mare aparţine Dobrogei sudice, un compartiment tectonic căzut în raport cu compartimentul tectonic ridicat al Dobrogei centrale. Cele două megacompartimente sînt separate de o falie cu vergenţă sudică, falia Ovidiu-Capidava.

Această imagine geologică este veridică numai în situaţia cînd sînt luate în considerare relaţiile dintre seria şisturilor verzi din Dobrogea centrală şi formaţiunile mezozoice din compartimentul major sudic. Imaginea

[1] Susţinută la sesiunea de comunicări ştiinţifice a Secţiei de ştiinţe geologice, geofizice şi geografice a Academiei Republicii Socialiste România, 14 decembrie 1977, Bucureşti.

ST. CERC. GEOL. GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ. TOM. 17, NR. 1, P. 95–113, BUCUREŞTI, 1979

devine mai complexă şi mai completă, dacă ne referim la poziţia spaţială a fundamentului proterozoic inferior, comun atît seriei şisturilor verzi, cît şi formaţiunilor mezozoice.

Anomalia aeromagnetică din regiunea Palazu Mare—Eforie — Topraisar — Cernavodă (Tr. Cristescu şi Al. Stefănciuc, 1968) [2] şi anomalia magnetică ΔT din zona Platformei continentale a Mării Negre (D. Romanescu şi colab., 1972) asamblate în planşa 1, relevă existenţa unui compartiment distinct în cadrul ansamblului structural dobrogean, mărginit de două linii tectonice majore. Datele petromagnetice sugerează existenţa unei singure surse de anomalii magnetice, reprezentate de un orizont al metamorfitelor din fundament. Datele geologice obţinute din foraje precizează poziţia acestui orizont şi succesiunea stratigrafică a metamorfitelor careliene (O. Maier şi E. Mihu, 1976). Din interpretarea integrată a datelor geologice şi geofizice rezultă caracterul de horst al compartimentului Palazu Mare—Cernavodă.

Linia tectonică Palazu Mare (A — A′), cu vergenţă nordică, poate fi urmărită pe distanţe considerabile, din zona de la sud de Hîrşova pînă la Palazu Mare şi în continuare, pe o lungime de circa 45 km, în zona Platformei continentale a Mării Negre. În lungul ei, metamorfitele din fundament încalecă peste şisturile verzi din compartimentul nordic.

Linia tectonică Eforie—Topraisar (B—B′), urmărită şi în domeniul marin pe o distanţă de peste 40 km, delimitează la sud compartimentul în care se dezvoltă metamorfitele magnetizate.

Compartimentul Palazu Mare—Cernavodă este caracterizat printr-un cîmp magnetic agitat, cu individualizarea unor anomalii majore în sectoarele E Eforie, Palazu Mare, Medgidia şi Cernavodă. Exceptînd anomalia E Eforie, cartată în domeniul Platformei continentale, ele evidenţiază divizarea horstului Palazu Mare — Cernavodă în mai multe compartimente dispuse, de la est la vest, în trepte din ce în ce mai adînci.

Poziţia cea mai elevată o are compartimentul estic, fapt sugerat de morfologia şi intensitatea anomaliei magnetice cartate în zona Palazu Mare. Dacă apexul anomaliei a fost cercetat cu foraje şi constituie obiectivul acestei lucrări, la scară regională se constată o ramificaţie importantă spre SSW, care reflectă continuarea metamorfitelor magnetice pe această direcţie, sub o manta din ce în ce mai groasă de şisturi verzi.

Mărginit de două fracturi, cu orientare NNE—SSW, harta anomaliei ΔT separă blocul elevat de la Medgidia, cu o dezvoltare restrînsă în suprafaţă, care este dispus la o adîncime de circa 1,5—2,0 km. Spre vest se individualizează anomalia de la Cernavodă, care reflectă prezenţa metamorfitelor magnetizate la o adîncime de circa 4 km.

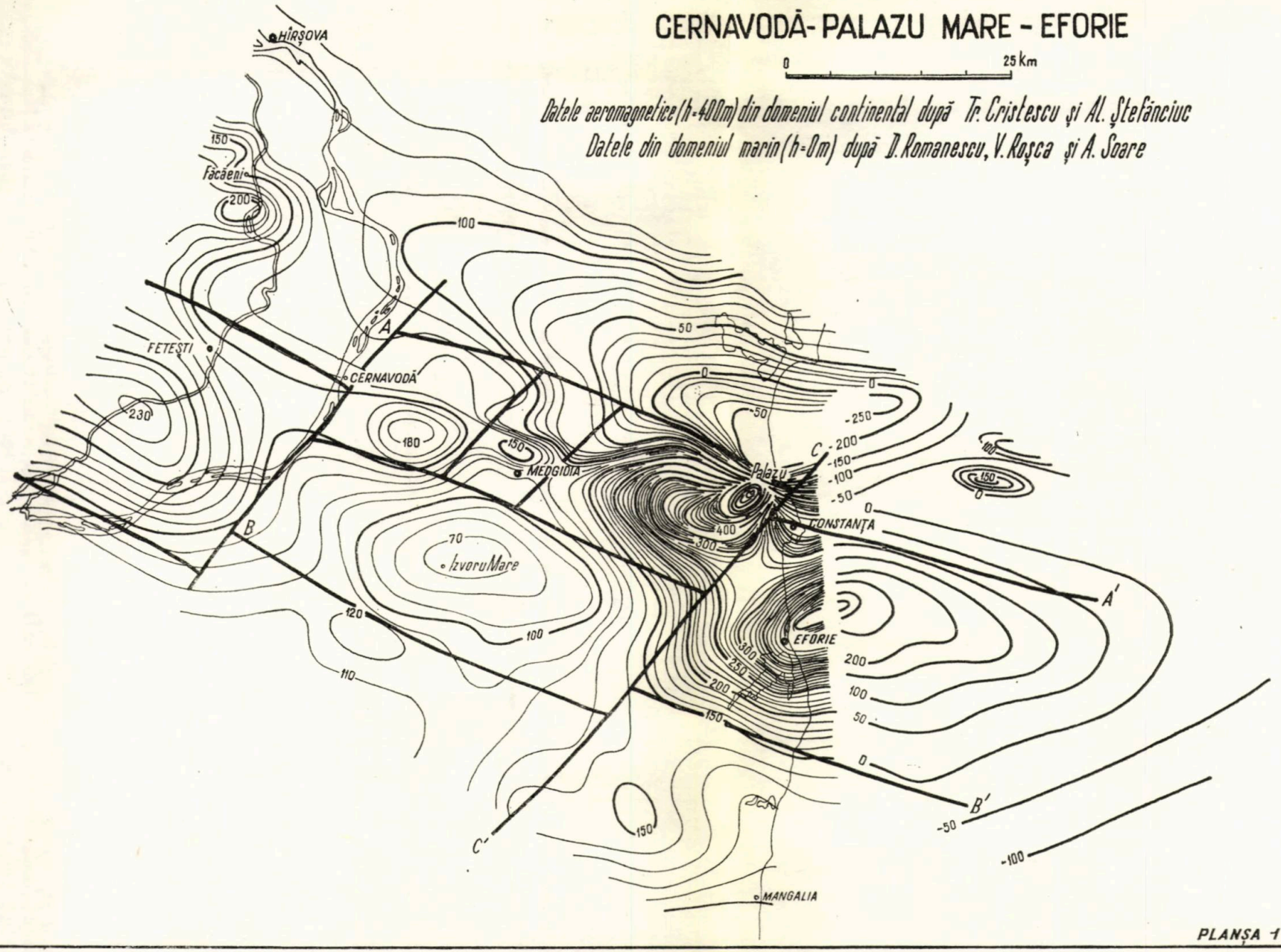
Un rol major în evoluţia geotectonică a regiunii studiate revine liniei $C - C'$, care se reflectă în anomalia ΔT printr-o importantă decroşare a maximelor de la Palazu Mare şi Eforie. Cu o largă extindere în domeniul marin, anomalia de maxim *E* Eforie relevă un compartiment mai afundat, în care metamorfitele magnetizate ocupă un volum important. După calcule preliminare, sursa perturbantă în zona de apex s-ar situa în intervalul

[2] Tr. Cristescu şi Al Stefănciuc (1968), Prezentarea hărţii aeromagnetice a teritoriului României. Comunicare la cel de al V-lea Simpozion naţional de prospecţiuni geofizice şi fizica scoarţei globului în R.S. România (Bucureşti, 6—8 iulie 1968).

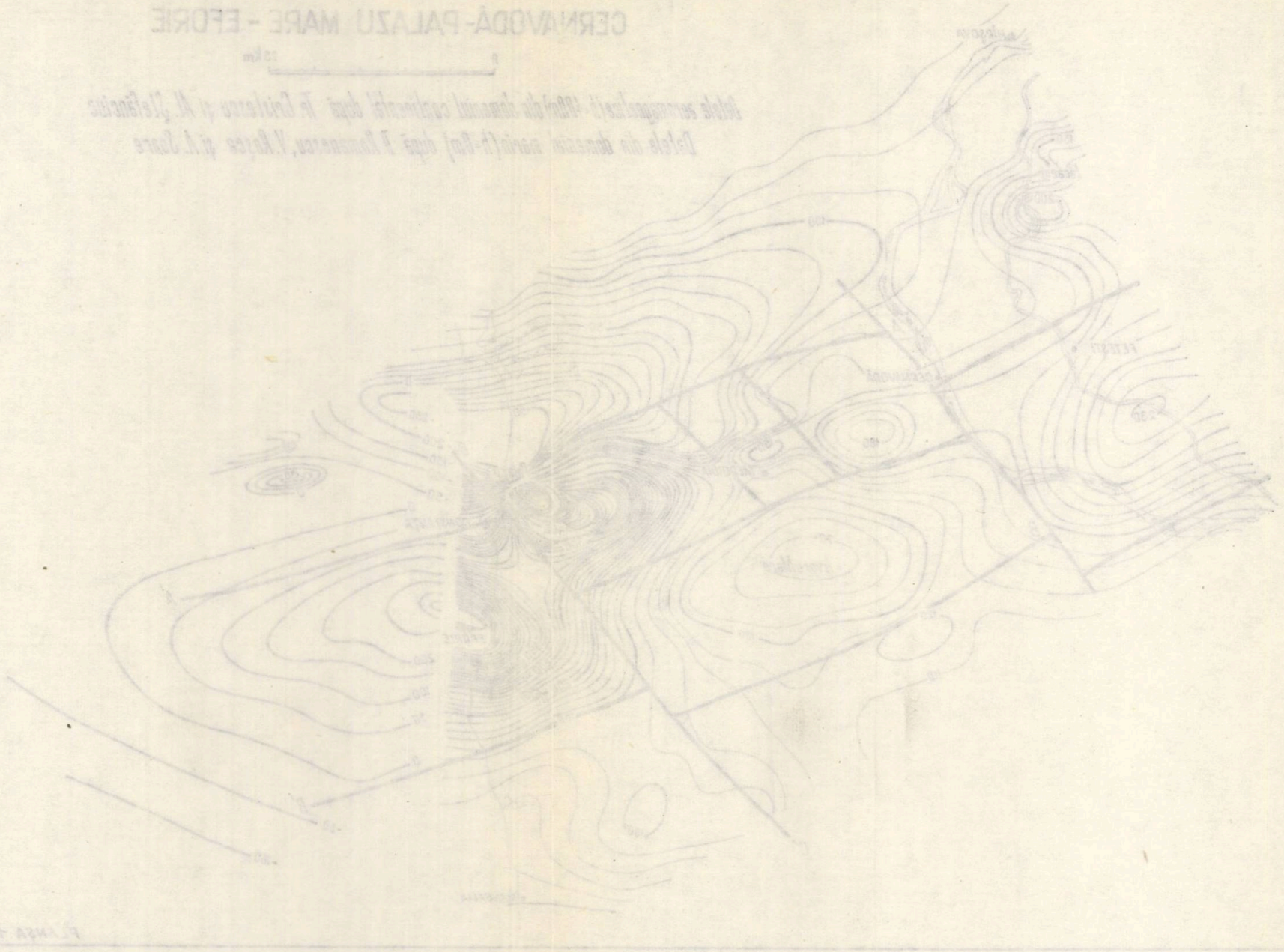
HARTA MAGNETICĂ ΔT_a DIN REGIUNEA HORSTULUI CERNAVODĂ-PALAZU MARE - EFORIE

0 25 km

Datele aeromagnetice (h=400m) din domeniul continental după Tr. Cristescu și Al. Ștefănciuc
Datele din domeniul marin (h=0m) după D. Romanescu, V. Roșca și A. Soare



PLANȘA 1



de adîncime 1,2 — 2,0 km, în funcţie de conţinutul în fier magnetic al metamorfitelor.

Pe teritoriul dobrogean, la sud de maximele descrise, are loc o cădere în trepte a metamorfitelor magnetizate. Prima treaptă de cedare este constituită de linia Cocoşu, pusă în evidenţă de datele seismice şi de cele geologice de foraj. După cum rezultă din figura 1, la sud de această linie tectonică (F_2), cercetările seismometrice de refracţie au pus în evidenţă două

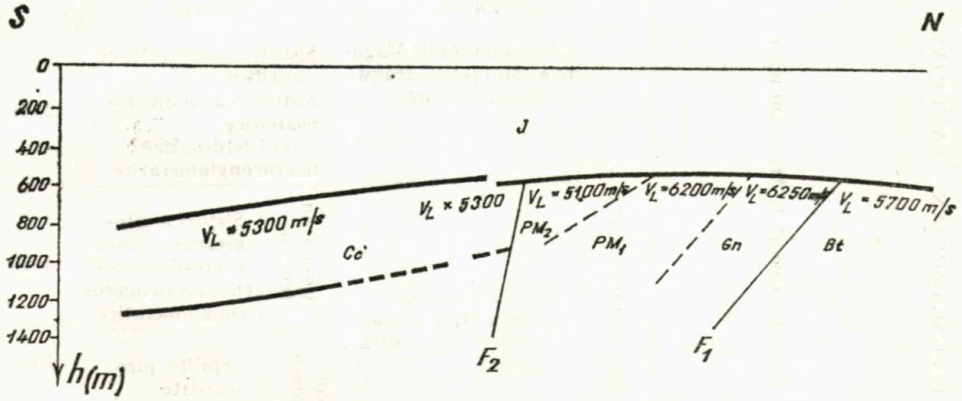


Fig. 1 — Secţiune seismică de refracţie în zona Palazu Mare, care evidenţiază falia Cocoşu (reprodusă după S. Spînoche şi colab., 1975).

Legendă : J — Jurasic ; Bt -Formaţiunea de Băltăgeşti ; Cc-Formaţiunea de Cocoşu ; PM_2 — Complexul micaşisturilor cu andaluzit ; PM_1 — Complexul şisturilor cuarţito-amfibolice cu magnetit ; Gn-Seria gnaisică.

orizonturi de referinţă, din care cel superior a fost paralelizat cu limita dintre şisturile verzi şi formaţiunile mezozoice, iar cel inferior cu suprafaţa morfologică a metamorfitelor cu magnetit.

O linie tectonică longitudinală intermediară se dispune pe direcţia localităţilor Cochirleni, Valea Dacilor şi Straja. Ea corespunde probabil unei fracturi majore, de-a lungul căreia metamorfitele magnetizate suferă o afundare importantă înspre sud. Această interpretare este susţinută şi de anomalia magnetică de minim de la Izvorul Mare, determinată de un compartiment tectonic căzut, în care fundamentul şisturilor verzi se găseşte la mare adîncime.

Alcătuirea litostratigrafică a metamorfitelor prepaleozoice

Compartimentul estic, cel mai ridicat compartiment al horstului Palazu Mare—Cernavodă, a fost cercetat cu numeroase foraje. Datele geologice ale forajelor executate în etapele mai vechi, au fost revalorificate şi completate cu rezultatele forajelor recente, fapt care a permis precizarea succesiunii litostratigrafice a metamorfitelor prepaleozoice (tabela 1).

Arhaic, Seria gnaisică (Gn)

La baza stivei de şisturi cristaline, unele foraje au pătruns într-o serie alcătuită preponderent din gnaise cu microclin, gnaise granitice şi pegmatite. Gnaisele cu microclin au textura orientată, fapt relevat de dispoziţia foiţelor de biotit, parţial sau total cloritizate. Această serie, a

Tabela nr. 1

Succesiunea stratigrafică a metamorfitelor prepaleozoice de la Palazu Mare

Vîrsta	Metamorfism Diaftoreză	Diviziuni lito-stratigrafice		Litologice		Grosimea (m)
INFRACAMBRIAN — CAMBRIAN	Assyntic (model K/Ar = 550 m.a)	Seria şisturilor verzi	Formaţiunea de Băltăgeşti (Bt) (seria supragrauwackică)	Şisturi pelitice şi pelito-aleuritice verzi şi violacee		80
			Formaţiunea de Măgurele (Mg) (seria grauwackelor superioară)	Şisturi blasto-pelitice aleuritice Şisturi blasto-aleuro-psamitice. Gresii feldspatice microconglomeratice		250
			Formaţiunea de Cocoşu (Cc) (seria detrito-argilo-vulcanogenă)	Complexul terigen	Şisturi argilo-grezoase, gresii şi gresii arcoziene, gresii microconglomeratice	600
				Complexul magmatogen-tufogen	Spilite, piroclastite	400
Discordanţă ; Lacună stratigrafică						
PROTEROZOIC INFERIOR	Sveco-Carelian (model K/Ar = 1673 — — 1853 m.a) Dalslandiană (?) sau assyntică (?)	Seria de Palazu Mare	Complexul superior (PM_2) al micaşisturilor cu andaluzit	Micaşisturi ± granat ± ± andaluzit ± silimanit, micaşisturi cu grafit, şisturi amfibolice.		300
			Complexul inferior (PM_1) al şisturilor cuarţito-amfibolice ± magnetit	Şisturi cuarţito-amfibolice ± magnetit, şisturi amfibolice şi amfibolite ± magnetit Micaşisturi Silicolite (metacherturi) Carbonatite		200—800
Discordanţă						
ARHAIC	Presvecocarelian Sveco-Carelianã	Seria Gnastică		Gnaise cu microlin, gnaise granitice, pegmatite		700

cărei grosime cunoscută este de circa 600 m, aflorează la suprafața paleoreliefului prejurasic în partea de nord a compartimentului tectonic, unde formează o fîșie orientată W—E. Ea se îngustează progresiv spre est datorită liniei de încălecare Palazu Mare, care mărginește spre NE compartimentul major și limitei superioare a seriei, care este o limită de discordanță cu înclinare spre sud; la limita dintre seria gnaisică și seria de Palazu Mare, apare în foraje un așa numit „hardground". În extremitatea sud-estică a compartimentului Palazu Mare, seria gnaisică reapare la nivelul paleoreliefului, datorită unei importante falii, orientată NE—SW, în lungul căreia aceasta vine în contact tectonic cu seria de Palazu Mare.

Vîrsta arhaică a fost atribuită acestei serii prin analogie cu seria gnaisică subjacentă seriei de Krivoirog. Vîrsta izotopică de 1650—1850 m.a. (model K/Ar) a unor mice și feldspați din pegmatite a fost interpretată ca vîrstă a metamorfismului regional, care a generat seria de Palazu Mare (D. Giușcă și colab., 1967). Această fază de metamorfism s-a manifestat printr-un efect diaftoritic (cloritizarea biotitului) și în fundamentul gnaisic.

Proterozoic inferior. Seria de Palazu Mare (PM)

Seria de Palazu Mare urmează discordant peste seria gnaisică. La suprafața paleoreliefului prejurasic, ea apare sub forma unei fîșii orientate E—W, ca și seria bazală, dar care se lărgește spre est. Înclinarea generală a metamorfitelor acestei serii este de 30°—45° spre SSW. Ele se îngroașă în sensul înclinării, de la 500 m pînă la circa 900 m.

Seria de Palazu Mare poate fi subdivizată în două complexe litostratigrafice.

Complexul inferior al șisturilor cuarțito-amfibolice cu magnetit (PM_1). Sisturile cuarțito-amfibolice cu sau fără magnetit, formează fondul litologic al acestui complex. Aspectul rubanat caracteristic al șisturilor se datorează alternanței de ritmuri milimetrice și centimetrice, de culoare închisă sau deschisă, în funcție de ponderea componentei amfibolice și a magnetitului. Șisturile cuarțito-amfibolice sînt asociate cu șisturi amfibolice și amfibolite, silicolite, calcare și dolomite cu silicați, șisturi micacee cu granați, cu sau fără silicați de aluminiu. După D. Giușcă și colab. (1976), ele s-au format pe seama unor cherturi prin metamorfism regional în faciesul amfibolitelor, la o temperatură de 600°C și o presiune de 4—5 kb.

Complexul superior al micașisturilor cu andaluzit (PM_2)

În alcătuirea complexului superior, dispus în continuitate de sedimentare peste cel inferior intră preponderent micașisturi cu almandin, andaluzit, sillimanit. Această asociație sugerează un metamorfism regional în condițiile faciesului amfibolitelor (subfaciesul cu sillimanit). În micașisturi se intercalează șisturi amfibolice la unul sau mai multe nivele stratigrafice. Materialul sedimentar prin transformarea căruia s-au format micașisturile, era pelitic aluminos, probabil argilos, cu unele intercalații de marne. Spre partea superioară cunoscută a complexului, sedimentarea s-a continuat cu un material aleuro-psamitic, din care au rezultat șisturi cuarțitice, șisturi muscovito-biotitice și șisturi cuarțo-feldspatice cu muscovit.

Metamorfismul regional progresiv, care a generat seria de Palazu Mare a avut loc probabil în orogeneza sveco-careliană. Diaftoreza, în urma căreia biotitul, almandinul, andaluzitul și sillimanitul au suferit

transformări, poate fi pusă în legătură fie cu metamorfismul dalslandian, care a generat şisturile metamorfice de la Ceamurlia — Altîn Tepe, fie cu metamorfismul assyntic al seriei şisturilor verzi.

Infracambrian — Cambrian. Seria şisturilor verzi (SV)

Seria şisturilor verzi a fost interceptată de foraje în afara limitelor compartimentului tectonic Palazu Mare. La nord, ea apare la suprafaţa paleoreliefului prejurasic de sub planul de şariaj Palazu Mare, iar la sud vine în contact tectonic cu seria de Palazu Mare în lungul faliei Cocoşu. Spre est, şisturile verzi repauzează direct peste seria gnaisică, în compartimentul tectonic ridicat Constanţa. Între seriile inferioare şi seria şisturilor verzi se constată o discordanţă unghiulară, marcată de o importantă lacună stratigrafică. Este interesant de menţionat absenţa şisturilor metamorfice de tip Ceamurlia — Altîn Tepe, metamorfozate în faza dalslandiană (600 m.a., model K/Ar).

Sub aspect litologic au putut fi deosebite două formaţiuni:

Formaţiunea de Cocoşu (Co) este dezvoltată în compartimentul căzut de la sud de falia cu acelaşi nume. Ea este alcătuită dintr-un complex magmatogen-tufogen şi un complex terigen. Complexul magmatogen tufogen este constituit din produsele unei activităţi magmatice bazice (spilite şi piroclastitele lor), cu care începe probabil ciclul assyntic. Datorită acestor caracteristici litologice, considerăm că formaţiunea de Cocoşu se situează la baza seriei şisturilor verzi. Complexul terigen este format preponderent din gresii arcoziene şi gresii microconglomeratice, cu rare intercalaţii de şisturi argilo-grezoase. În gresii sînt prezente granule de granat, iar în microconglomerate se întîlnesc şisturi cuarţitice cu magnetit, remaniate din seria de Palazu Mare.

Formaţiunea de Băltăgeşti (Bt) a fost interceptată de foraje în compartimentul nordic. Ea este formată din roci pelitice şi pelito-aleuritice verzi şi violacee, asemănătoare cu seria supragrauwackică, descrisă la Băltăgeşti (O. Mirăuţă, 1965). Sub această stivă urmează un pachet alcătuit dintr-o alternanţă ritmică pelito-aleuritică şi aleuro-psamitică, paralelizată cu formaţiunea de fliş (seria grauwackelor superioare, cunoscute şi sub numele de seria de Măgura).

Vîrsta infracambriană a seriei şisturilor verzi a fost argumentată palinologic (V. Iliescu şi V. Muthiac, 1965), dar se admite că secvenţa ei superioară ar putea cuprinde şi o parte a Cambrianului (O. Mirăuţă, 1965). Vîrsta metamorfismului este considerată assyntică (550 m.a., model K/Ar).

Studiul petrofizic al metamorfitelor

În vederea modelării matematice a anomaliei magnetice şi descifrării structurii metamorfitelor de la Palazu Mare, s-a procedat la un studiu sistematic al variaţiilor susceptibilităţii magnetice şi densităţii, care a avut la bază rezultatele măsurătorilor efectuate pe cîteva zeci de mii de eşantioane prelevate din foraje.

Numărul ridicat de determinări (10—15 valori/m), precum şi unele consideraţii de ordin geologic, au impus reprezentarea grafică a valorilor medii ponderate ale susceptibilităţii magnetice (χ) şi densităţii (δ) pe intervale de 10 m.

Tabela nr. 2 prezintă sintetic rezultatele obținute, cu indicarea limitelor de variație și valorilor dominante ale mărimilor χ și δ, grupate pe serii, formațiuni și complexe. Cîteva concluzii pot fi desprinse din analiza datelor înscrise în această tabelă.

Principalul rezultat se referă la constatarea că singura formațiune geologică capabilă să producă anomalia magnetică de la Palazu Mare este complexul șisturilor cuarțito-amfibolice cu magnetit, caracterizat prin

Tabela nr. 2

Susceptibilitatea magnetică (χ) și densitatea (δ) a metamorfitelor prepaleozoice de la Palazu Mare

Seria	Complexul (formațiunea)	$\chi(10^{-6}$ u CGS)		$\delta(9/cm^3)$	
		Limite de variație	Valori dominante	Limite de variație	Valori dominante
Șisturi verzi	Formațiunea de Băltăgești	1—10	5—7	2,60—2,80	2,65—2,70
	Formațiunea de Cocoșu	5—80	20—30	2,60—2,82	2,70—2,75
Palazu Mare	Complexul superior :	30—1600		2,70—3,00	
	Micașisturi cu andaluzit		30—50		2,75—2,90
	Intercalații de șisturi amfibolice		100—1 500		2,80—2,90
	Complexul inferior :	10—220.000		2,75—3,54	
	Șisturi cuarțito-amfibolice cu magnetit		10 000—45 000		2,95—3,40
	Intercalații de micașisturi, silicolite și carbonatite		10—100		2,75—2,90
Gnaisică	Gnaise	1—75	5—10	2,58—2,72	2,62—2,64

valori dominante cuprinse în domeniul $10-45 \cdot 10^{-3}$ u.C.G.S. Exceptînd unele intercalații relativ subțiri de șisturi amfibolice din complexul superior al seriei de Palazu Mare, celelalte tipuri de metamorfite, inclusiv cuvertura de formațiuni sedimentare, sînt foarte slab magnetizate, cu valori ale susceptibilității magnetice care, în general, nu depășesc $50 \cdot 10^{-6}$ uCGS.

Intercalațiile de micașisturi, carbonatite și silicolite din cuprinsul complexului inferior al seriei Palazu Mare, datorită magnetizării lor reduse, pot fi separate pe secțiunile verticale de variație a susceptibilității magnetice. În măsura în care constituie orizonturi reper, localizarea lor contribuie la elaborarea modelului structural al metamorfitelor.

Densitatea seriei gnaisice și a seriei șisturilor verzi, deși prezintă unele variații locale, condiționate de alcătuirea petrografică a rocilor componente, se caracterizează printr-un domeniu valoric relativ restrîns.

Valorile dominante ale densității complexelor seriei de Palazu Mare se înscriu în limite mai largi de variație, determinate pe de o parte de tipologia rocilor care le alcătuiesc, iar pe de altă parte de conținutul în magnetit al șisturilor cuarțito-amfibolice.

Între diagramele de variaţie cu adîncimea a susceptibilităţii magnetice, şi densităţii se remarcă un paralelism evident. Ele au fost utilizate cu succes la elaborarea modelului structural şi de aceea se apreciază că exemplificarea unor rezultate semnificative este indicată.

În figura 2 sînt prezentate rezultatele obţinute într-un foraj care a traversat parţial complexele seriei de Palazu Mare. Limita între complexele inferior şi superior apare evidentă pe cele două diagrame. În acest caz,

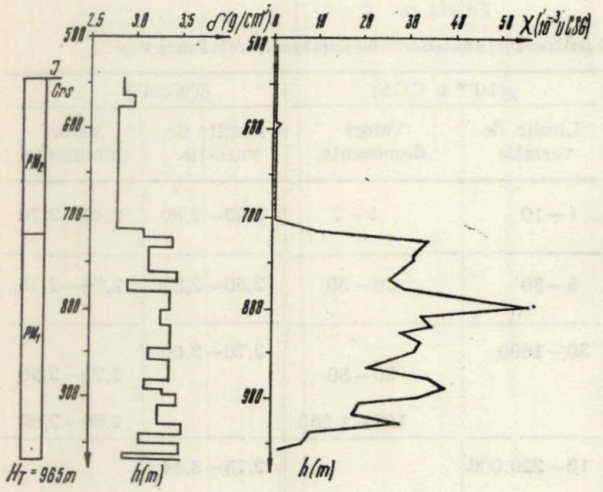


Fig. 2 — Diagrame de variaţie a densităţii şi susceptibilităţii magnetice într-un foraj care a traversat parţial complexele seriei de Palazu Mare.

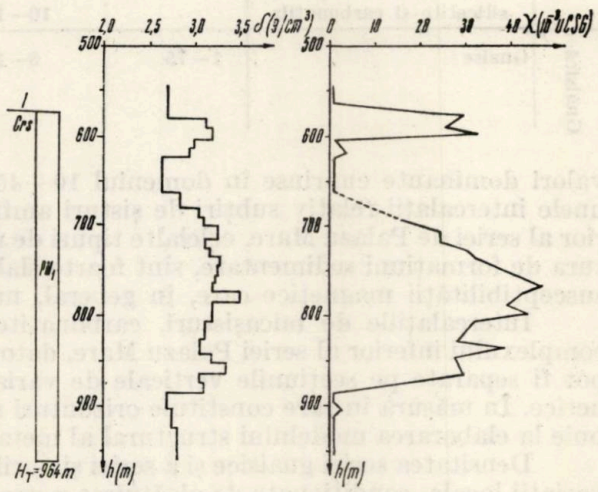


Fig. 3 — Diagrame de variaţie a densităţii şi susceptibilităţii magnetice într-un foraj care a străbătut complexul şisturilor cuarţito-amfibolice cu magnetit.

complexul inferior, dezvoltat pe o grosime aparentă de 250 m, formează un singur pachet magnetizat, care este localizat cu fidelitate de curbele δ şi χ.

Un alt exemplu reprezentativ este ilustrat de figura 3 şi se referă la un foraj care a străbătut numai complexul şisturilor cuarţito-amfibolice cu

magnetit. O particularitate, care trebuie relevată, constă în localizarea a două zone cu valori ridicate ale susceptibilității magnetice, separate de un pachet de roci foarte slab magnetizate.

În figura 4 se prezintă rezultatele obținute într-un foraj care, după ce a interceptat pachetul bazal al complexului micașisturilor cu andaluzit, a traversat complexul inferior al seriei de Palazu Mare și s-a oprit în seria gnaisică. Și în acest caz se remarcă perfecta delimitare a complexului șisturilor cuarțito-amfibolice cu magnetit, caracterizat prin valori net diferite ale susceptibilității magnetice și densității în raport cu complexele din acoperiș și bază. În cadrul complexului inferior al seriei de Palazu Mare se disting două zone mai intens magnetizate, separate de un pachet gros de metamorfite cu valori mici χ și δ, care a fost interceptat pe un interval de 130m.

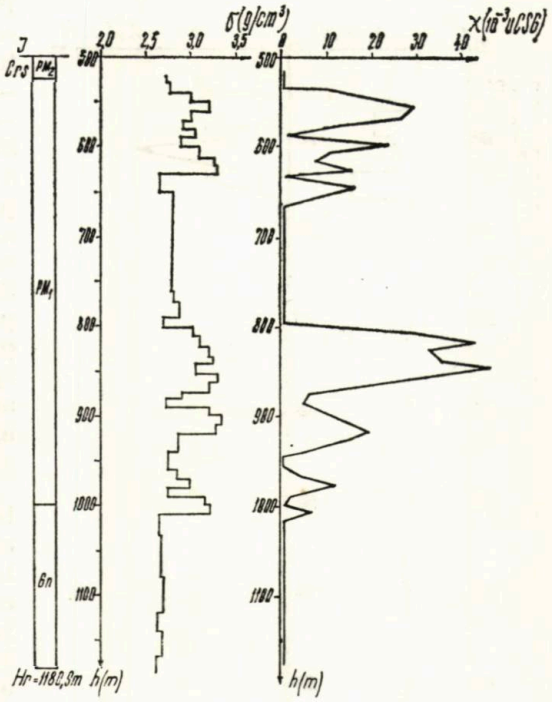


Fig. 4 — Diagrame de variație a densității și susceptibilității magnetice într-un foraj care a interceptat complexul micașisturilor cu andaluzit, complexul inferior al seriei de Palazu Mare și seria gnaisică.

Ultimul exemplu selectat (fig. 5) se referă la un foraj, executat la nord de Palazu Mare, care a întîlnit succesiv: partea bazală a complexului magnetizat, seria gnaisică și formațiunea de Bălțăgești din cadrul seriei șisturilor verzi. Limita dintre complexul inferior al seriei de Palazu Mare și seria gnaisică apare evidentă pe curbele χ și δ. Valorile măsurate ale susceptibilității arată magnetizarea redusă a complexului șisturilor cuarțito-amfibolice, rezultat care poate fi extrapolat pentru toată zona periferică nordică a structurii de la Palazu Mare. Absența unor contraste de densitate și susceptibilitate magnetică nu permite trasarea contactului între seria gnaisică și formațiunea de Bălțăgești.

Modelarea anomaliei magnetice

Anomalia magnetică ΔZ din zona Palazu Mare, extinsă pe o suprafață largă, are o formă eliptică, cu axa mare orientată NW—SE și intensitatea de peste 2 000 γ. (Sabba Ștefănescu și colab., 1961). Caracteristicile anomaliei, determinate de adîncimea la care se situează complexul șisturilor cuarțito-amfibolice cu magnetit, singura sursă perturbantă din această zonă, nu au permis elaborarea directă a unui model structural și de aceea s-a procedat la transformarea materialului primar prin procedee

analitice adecvate. Imagini sugestive au fost oferite de hărţile magnetice continuate în semispaţiul inferior la adîncimile de — 400 m şi — 500 m (M. Visarion şi V. Steflea, 1974).

În vederea modelării matematice a anomaliei magnetice de la Palazu Mare au fost construite 14 secţiuni orizontale de variaţie a susceptibilităţii magnetice, la echidistanţa de 50 m, între suprafaţa paleoreliefului prejurasic şi adîncimea de — 1200 m. Pentru exemplificare, în figura 6 se prezintă trei secţiuni orizontale, construite la nivelele — 675 m (a), — 725 m (b) şi — 825 m (c), în care izoliniile au fost trasate la intervalul de $5 \cdot 10^{-3}$ u.C.G.S. După cum se poate observa, valorile maxime ale susceptibilităţii magnetice se încadrează în intervalul $30-40 \cdot 10^{-3}$ u.C.G.S., iar dispoziţia în plan a anomaliilor prezintă o deplasare progresivă spre SW, odată cu creşterea adîncimii, fapt care sugerează afundarea sursei perturbante pe această direcţie.

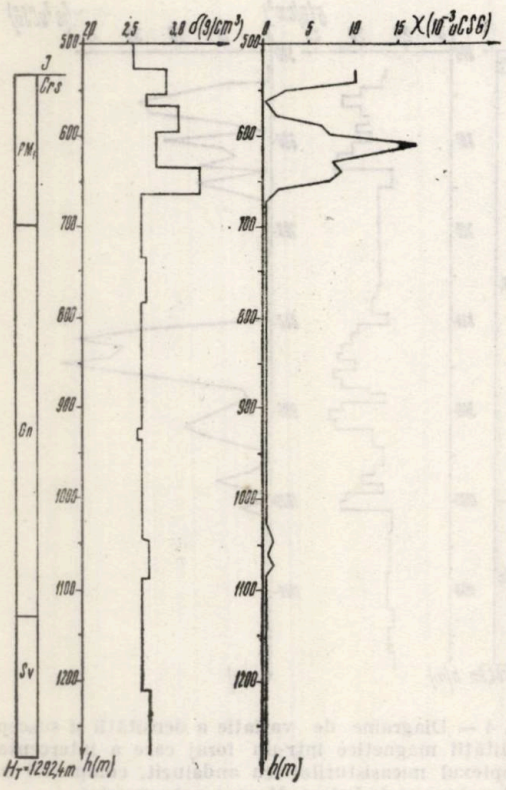


Fig. 5 — Diagrame de variaţie a densităţii şi susceptibilităţii magnetice într-un foraj care a traversat complexul mineralizat, seria gnaisică şi formaţiunea de Băltăgeşti.

Curbele de egală susceptibilitate magnetică au fost închise, poligonate şi considerate baze ale unor prisme verticale, cu înălţimea de 50 m. Extinderea acestor prisme s-a făcut pînă la izolinia de $1 \cdot 10^{-3}$ u. C.G.S., apreciată ca limită orizontală de dezvoltare a complexului şisturilor cuarţito-amfibolice cu magnetit.

Setul de secţiuni orizontale, corespunzînd intervalelor de adîncime considerate, a permis realizarea unui model geometric al sursei anomale. Algoritmul de calcul este bazat pe evaluarea efectului magnetic prin procedeul elaborat de Talwani, în nodurile unei reţele geometrice.

Efectuarea automată a calculelor a avut ca punct de plecare un program elaborat de J. M. Schuster (1974), care asigură determinarea anomaliei ΔT generată de o prismă verticală cu secţiunea arbitrară şi contrast constant de susceptibilitate magnetică. Acest program a fost modificat pentru a permite calculul efectului anomal ΔZ al unui ansamblu de prisme cu susceptibilităţi magnetice diferite şi a reduce timpul de calcul prin diminuarea mai multor instrucţiuni condiţionale. În forma finală, programul are unele caracteristici care îl apropie de cele scrise în limbajul ASSEM-

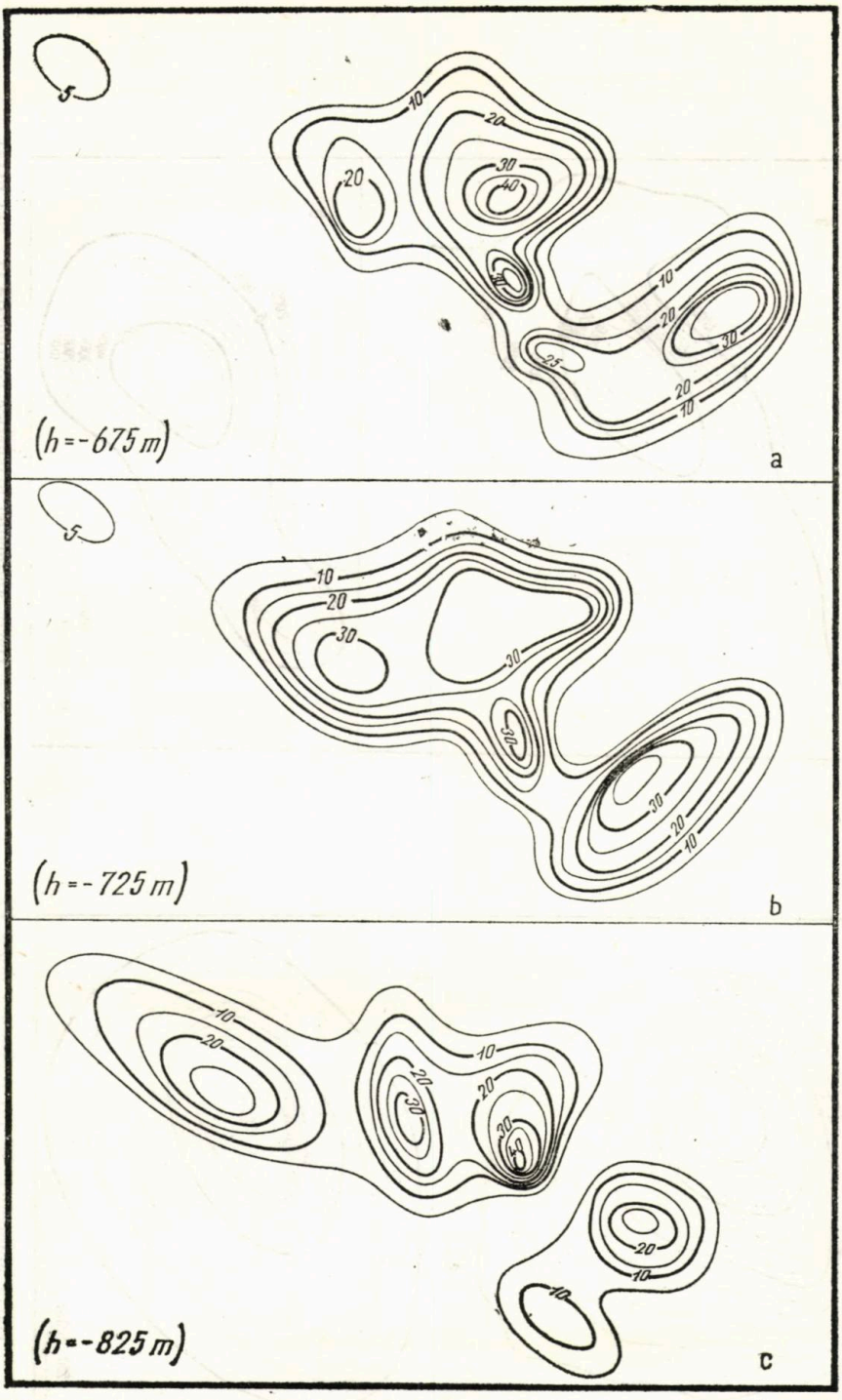


Fig. 6 — Secţiuni orizontale de variaţie a susceptibilităţii la nivelele — 675 m (a), — 725 (b) şi — 825 m (c), redate prin izolinii trasate la echidistanţa de $5 \cdot 10^{-3}$ ▪CGS.

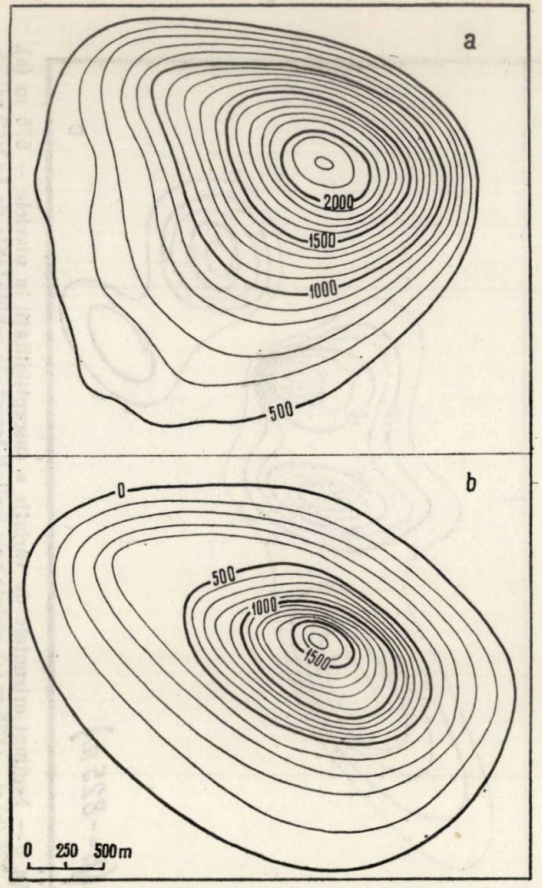


Fig. 7 — Harta anomaliei ΔZ (a) reprodusă după F. Ionescu (1961), în paralel cu harta efectului magnetic calculat (b), din zona Palazu Mare.

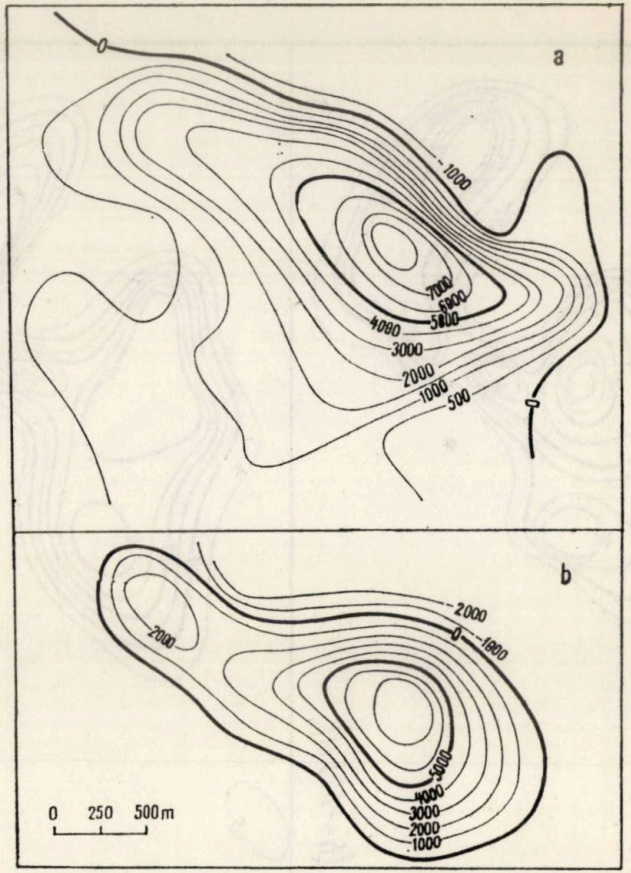


Fig. 8 — Harta anomaliei magnetice continuate la — 400 m (a), reprodusă după M. Visarion și Vl. Șteflea (1974), în paralel cu harta ΔZ calculată (b), din zona Palazu Mare.

BLER. Determinarea efectului ΔZ la suprafață și la adîncimea de — 400 m, în mai multe ipoteze privind vectorul magnetizare remanentă, a fost realizată la un calculator electronic de tip IBM—370.

Măsurători recente (S. Rădan, 1976)[3] au pus în evidență valori supraunitare ale raportului I_r/I_i dintre magnetizările remanentă și indusă. Datorită numărului redus de carote orientate nu a putut fi realizat un studiu sistematic asupra intensității de magnetizare a metamorfitelor din zona Palazu Mare.

Avînd în vedere rezultatele preliminare obținute, valorile relativ scăzute ale susceptibilității în raport cu conținutul în fier magnetic, precum și o serie de încercări succesive, care au condus la efecte magnetice mai mici față de anomalia cartată, cu o deplasare în plan spre NNW, s-a ajuns la concluzia că este necesar să se ia în considerare un raport $I_r/I_i = 2$ și o înclinație rezultantă INCL = 78°.

Comparația directă a anomaliilor ΔZ măsurată (a) și calculată (*b*) arată o asemănare satisfăcătoare, ținînd seama de aproximațiile făcute la estimarea intensității de magnetizare remanentă (fig. 7). În ansamblu se remarcă un ușor decalaj al apexelor celor două anomalii, dar intensitățile lor sînt de același ordin de mărime. O diferență semnificativă se constată numai în sectorul sud-vestic, unde anomalia măsurată indică o tendință de maxim. Ea nu apare în anomalia calculată, deoarece modelul geometric construit s-a bazat numai pe secțiunile de susceptibilitate magnetică, stabilite prin măsurătorile efectuate pe carote. Existența unei anomalii reziduale sugerează continuarea complexului inferior al seriei de Palazu Mare la sud de falia Cocoșu, sub mantaua de șisturi verzi.

Figura 8 ilustrează harta anomaliei magnetice continuate analitic la — 400 m (M. Visarion și V. Steflea, 1974) în paralel cu harta ΔZ calculată pentru același nivel. Dacă avem în vedere sursele de erori introduse de procesul de transformare a datelor inițiale și apropierea de sursa perturbantă, configurația generală a anomaliilor continuată și calculată apare comparabilă.

Structura metamorfitelor de la Palazu Mare

Interpretarea integrată a datelor geologice și geofizice a permis întocmirea unui model structural al metamorfitelor de la Palazu Mare.

Principalele elemente geologice, care au servit ca repere la elaborarea modelului structural sînt: limita de discordanță dintre seria gnaisică și seria de Palazu Mare, limita dintre complexele inferior și superior ale seriei de Palazu Mare, precum și unele intercalații de micașisturi, silicolite și carbonatite, care formează asociații petrografice caracteristice. La acestea se adaugă observațiile microstructurale pe carote, care arată că microritmurile reprezentînd stratificația inițială S_0, sînt paralele cu șistuozitatea metamorfică (S_1) și sînt intersectate de planele de clivaj (S_2), precum și faptul că șisturile cristaline ale seriei de Palazu Mare au fost cutate într-o singură fază, probabil în timpul orogenezei sveco-careliene. În această concepție, formațiunile arhaice și proterozoice vechi s-au comportat rigid în perioadele orogenice mai noi.

Reconsiderarea datelor geofizice, în vederea construirii modelului structural, a necesitat luarea în considerație a următoarelor materiale: harta magnetică continuată în semispațiul inferior la — 500 m, secțiunile

[3] S. Rădan (1976) Comunicare verbală.

orizontale şi verticale de variaţie a susceptibilităţii magnetice, parţial datele seismometrice de refracţie, precum şi modelul matematic elaborat.

Imaginea anomaliei ΔZ continuate analitic la — 500 m este prezentată în planşa nr. 2, iar modelul structural geologic în planşa nr. 3.

Anomalia ΔZ_{-500} pune în evidenţă o zonă centrală de maxim, avînd aspectul unei elipse alungite, cu axa mare orientată WNW—ESE. În cadrul ei se separă un sector vestic al cărui apex este mărginit de izolinia de 5 000 γ şi un sector estic care cuprinde 3 culminaţii, cu valori cuprinse în intervalul 6000 — 8000 γ.

Morfologia anomaliei magnetice semnalează o serie de inflexiuni sau schimbări de direcţie a izoliniilor, precum şi existenţa unor zone de gradient orizontal maxim, care contribuie la trasarea accidentelor rupturale.

În acord cu datele actuale, compartimentul tectonic Palazu Mare apare ridicat comparativ cu compartimentul Medgidia, situat imediat la vest. Spre NE, linia de încălecare Palazu Mare aduce seria gnaisică în contact anormal cu seria şisturilor verzi din compartimentul Ovidiu. Spre SW, compartimentul Palazu Mare este separat printr-o falie de compartimentul Cocoşu. Spre E, este despărţit de un alt compartiment major prin falia Constanţa, cu orientare NE—SW.

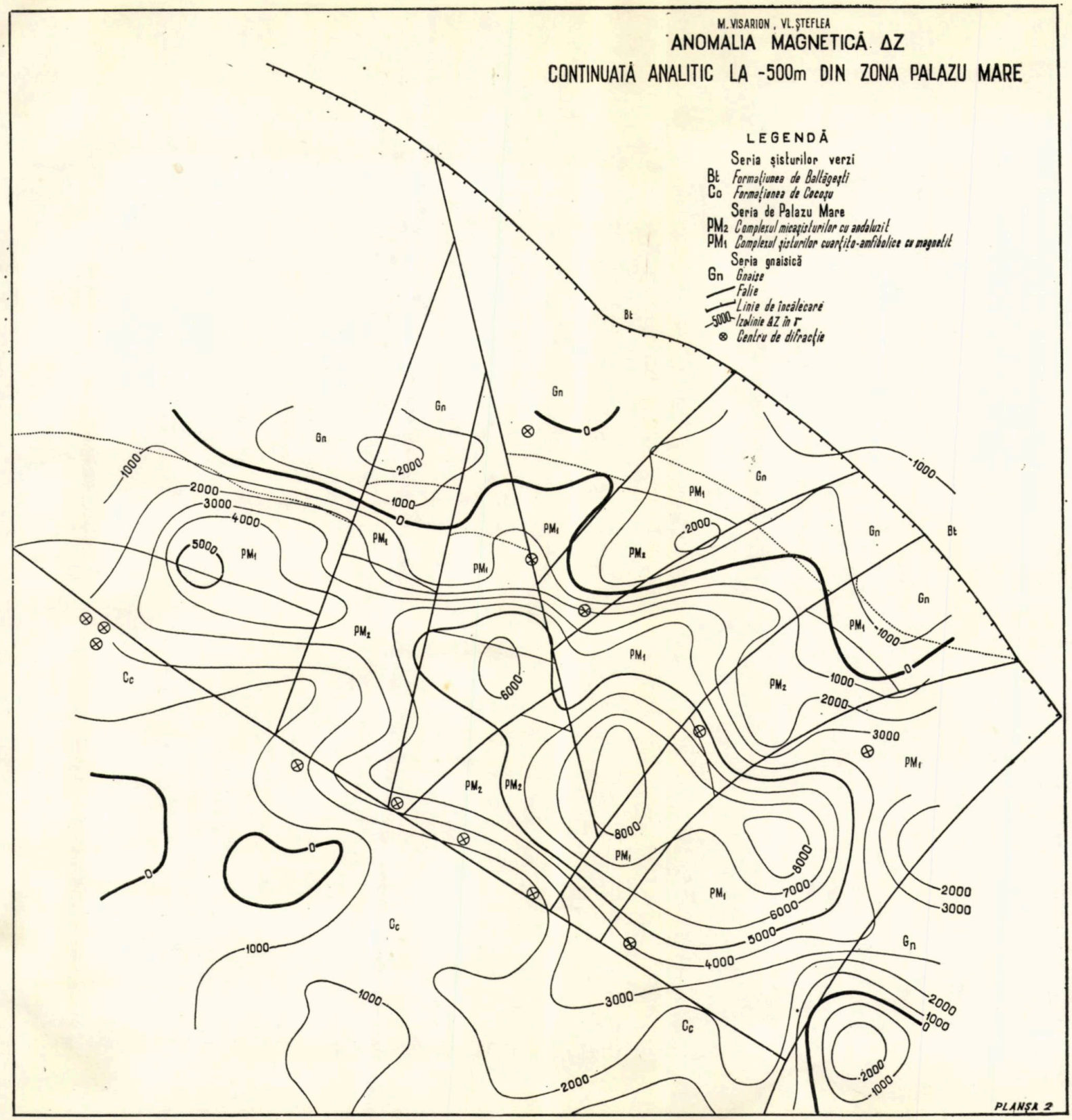
Structura geologică a compartimentului Palazu Mare la nivelul paleoreliefului prejurasic, are caracterul unui monoclin orientat aproximativ E—W, cu o uşoară curbare spre ESE la extremitatea estică a acestuia. Înclinarea planului de discordanţă dintre cele două serii, precum şi a stratificaţiei seriei de Palazu Mare este sudică pînă la sud-sud vestică şi variază între 40° şi 60° (Pl 3). În compartimentul Cocoşu, după datele seismice şi de foraj, coroborate cu anomalia magnetică reziduală, seria de Palazu Mare se continuă sub stiva groasă a şisturilor verzi, probabil cu acelaşi sens al înclinării.

Fundamentul prejurasic are caracteristicile unei structuri de tip platformic. În consecinţă, deformările rupturale au fost dominante şi au avut drept efect formarea a numeroase falii cu orientări variate (fig. 9). Dintre acestea, unele îşi au originea în tectogeneza sveco-careliană, iar altele la fel de vechi au fost reactivate în timpul fazelor de deformări ulterioare, aproape în exclusivitate prealpine.

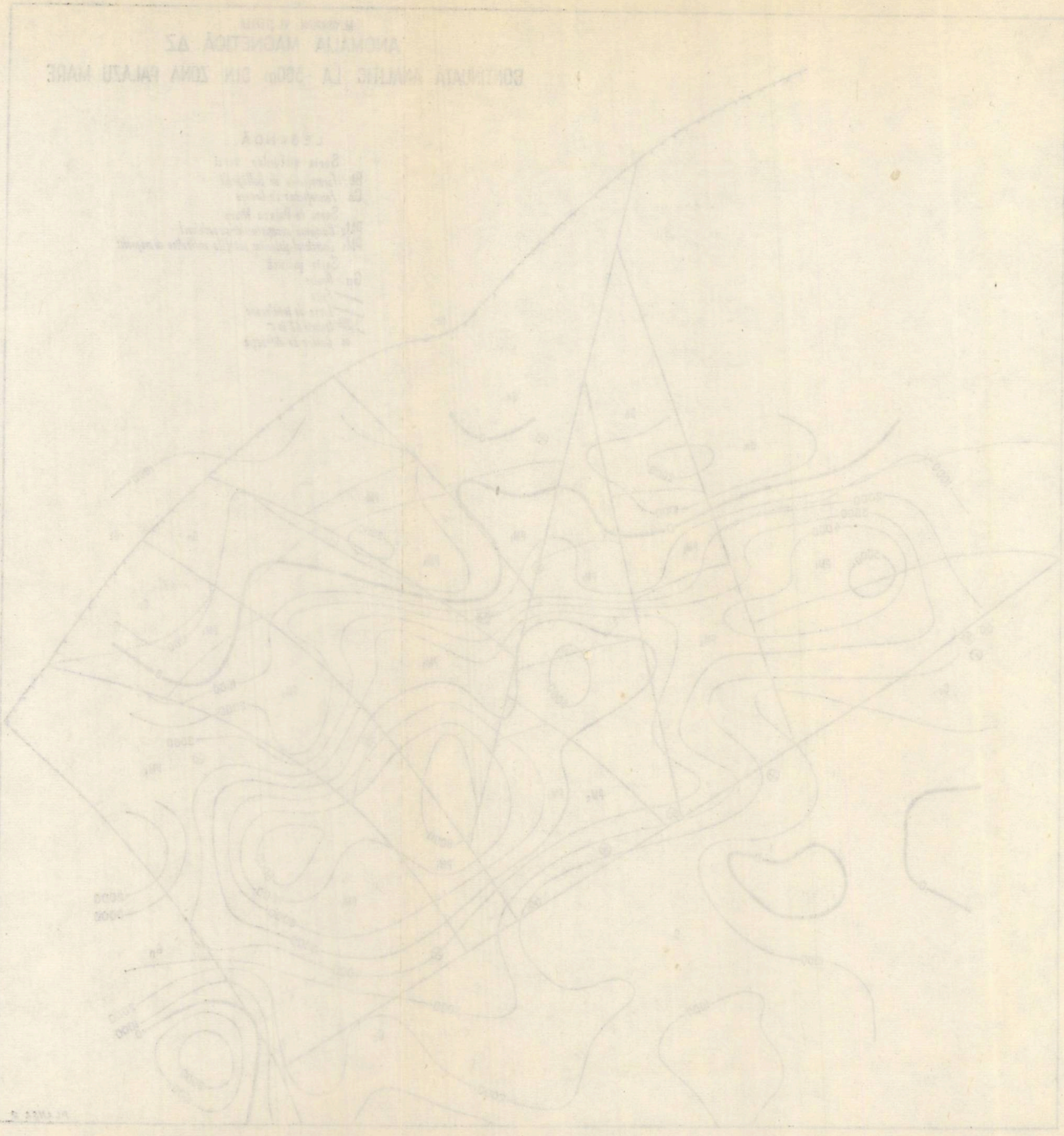
Falii sveco-careliene. Blocul tectonic Palazu Mare este divizat în partea centrală de o falie orientată NNW—SSE, care separă două compartimente distincte. Traseul ei este jalonat de 2 centri de difracţie. Efectul acestei falii este în concordanţă cu efectul celorlalte falii transversale şi anume ea determină o ridicare a compartimentului estic.

În compartimentul estic, complexul şisturilor cuarţito-amfibolice cu magnetit (PM_1) ajunge la suprafaţa paleoreliefului prejurasic, în timp ce în compartimentul vestic peste complexul inferior urmează complexul micaşisturilor cu andaluzit (PM_2).

Falia mediană nu afectează linia de încălecare Palazu Mare şi linia Cocoşu, dar este decroşată de un accident ruptural, transversal, orientat NE—SW. O serie de alte falii, cu aceiaşi orientare generală, determină prezenţa mai multor compartimente secundare, cu sărituri pe verticală de ordinul zecilor de metri. Prin excepţie, în compartimentul estic se remarcă două sectoare, delimitate pe harta anomaliei ΔZ_{-500} prin tendinţe de minim, care sugerează sărituri de ordinul sutelor de metri ale faliilor ce le mărginesc.


M. VISARION, VL. ȘTEFLEA
ANOMALIA MAGNETICĂ ΔZ
CONTINUATĂ ANALITIC LA -500m DIN ZONA PALAZU MARE
LEGENDĂ
Seria șisturilor verzi
Bt Formațiunea de Ballăgești
Co Formațiunea de Cocoșu
Seria de Palazu Mare
PM2 Complexul micașisturilor cu andaluzit
PM1 Complexul șisturilor cuarțito-amfibolice cu magnetit
Seria gnaisică
Gn Gnaise
Falie
Linie de încălecare
-5000- Izolinie ΔZ în γ
Centru de difracție
Bt
Gn
PM1
PM2
Cc
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
0
PLANȘA 2

Planșa 2



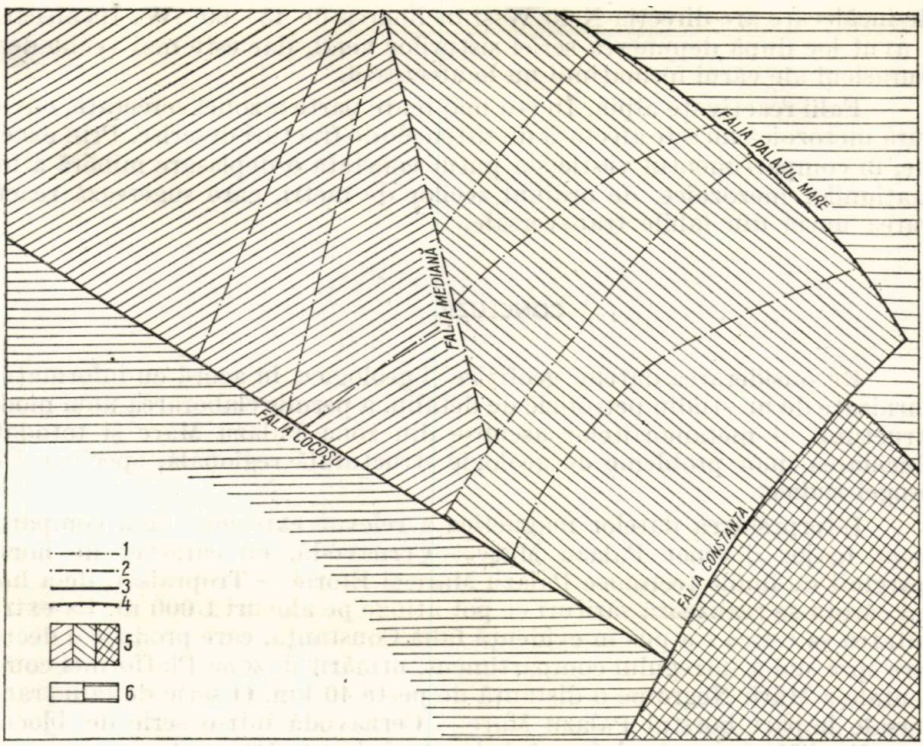


Fig. 9 — Schiţa tectonică a compartimentului Palazu Mare (după O. Maier). 1,2, falii sveco-careliene ; 3, falii sveco-careliene reactivate assyntic ; 4, încălecare assyntică ; 5, horstul Palazu Mare : a. compartimentul Constanţa, b. compartimentul Palazu Mare (b_1 — estic, b_2 — vestic) ; 6, a. compartimentul Ovidiu, b. compartimentul Cocoşu.

Toate aceste fracturi, care nu au nici un efect asupra liniilor tectonice longitudinale, dar deplasează pe verticală formaţiunile arhaică şi proterozoic inferioară, aparţin tectogenezei sveco-careliene.

Falii sveco-careliene reactivate assyntic. În compartimentul căzut Cocoşu, şisturile verzi se dispun direct peste complexul inferior al seriei de Palazu Mare. Prin urmare, falia Cocoşu a fost activă la sfîrşitul Proterozoicului inferior, cînd a ridicat compartimentul sudic şi a fost reactivată după depunerea formaţiunii de Cocoşu, probabil în timpul orogenezei assyntice, în orice caz în timpul unei deformări prejurasice. Săritura faliei este de circa 300 m.

Falia transversală Constanţa a ridicat, în tectogeneza sveco-careliană, compartimentul Constanţa, pe care l-a decroşat ulterior spre sud, probabil în orogeneza assyntică sau în cea hercinică. Acest accident tectonic decroşează atît încălecarea Palazu Mare, cît şi falia Cocoşu.

Linii de încălecare assyntică. În lungul liniei Palazu Mare, seria gnaisică încalecă peste formaţiunea de Băltăgeşti, considerată de vîrstă infracambrian-cambriană. Amplitudinea cunoscută a încălecării este de 0,75 km, dar se poate admite că ea poate ajunge la 1,0—1,5 km. Planul

de încălecare are direcţia N 45°W şi înclinarea de 45—60°SW. Încălecarea a avut loc după depunerea seriei şisturilor verzi, dar este mai veche decît Jurasicul ale cărui formaţiuni nu le afectează.

Falii reactivate alpin. În cea mai mare parte a zonei cercetate, cuvertura mezozoică nu este afectată de sistemele de fracturi descrise. Prin excepţie, în compartimentul vestic s-a putut constata o deplasare minoră a formaţiunilor mezozoice, de ordinul zecilor de metri, care sugerează reactivarea uneia din faliile transversale.

CONCLUZII

Reconsiderarea datelor geofizice şi geologice, în acord cu informaţiile furnizate de un studiu petrofizic de detaliu, a permis elaborarea unui model structural al metamorfitelor ascunse din zona Palazu Mare şi totodată elucidarea unor probleme de geologie structurală regională, specifice Dobrogei sudice.

Interpretarea datelor magnetice a relevat existenţa unui compartiment major distinct Palazu Mare — Cernavodă, cu caracter de horst, mărginit de liniile tectonice Palazu Mare şi Eforie — Tropraisar, de-a lungul cărora se realizează sărituri ce pot atinge pe alocuri 1 000 m. La extremitatea sa estică s-a pus în evidenţă falia Constanţa, care produce o decroşare spre sud a întregului compartiment, urmărit în zona Platformei continentale a Mării Negre pe o distanţă de peste 40 km. O serie de falii transversale împart horstul Palazu Mare — Cernavodă într-o serie de blocuri de ordinul II, care cad sub formă de trepte de la est către vest.

Blocul cel mai elevat se situează în zona Palazu Mare, unde fundamentul prejurasic este alcătuit din seria gnaisică, seria de Palazu Mare şi seria şisturilor verzi, între care se realizează relaţii de discordanţă.

Seria de Palazu Mare a fost orizontată stabilindu-se existenţa a două complexe litostratigrafice : complexul inferior al şisturilor cuarţito-amfibolice cu magnetit şi complexul superior al micaşisturilor cu andaluzit. Acumulările de magnetit sînt localizate exclusiv în complexul inferior. Ambele complexe au suferit un metamorfism de presiune joasă în faciesul amfibolitelor.

Cercetările petrofizice au arătat că singura formaţiune geologică capabilă să producă anomalia magnetică de la Palazu Mare este complexul şisturilor cuarţito-amfibolice cu magnetit, caracterizat prin valori dominante χ cuprinse în domeniul $10-45 \cdot 10^{-3}$ u.C.G.S. Acest rezultat a permis modelarea matematică a anomaliei magnetice prin procedeul Talwani.

Interpretarea integrată a datelor geologice şi geofizice a condus în final la stabilirea modelului structural al metamorfitelor de la Palazu Mare. În conformitate cu aceste date, structura geologică la nivelul paleoreliefului prejurasic are caracterul unui monoclin orientat aproximativ E—W şi înclinare spre sud, cu valori de 40—60°. El apare fragmentat de sisteme de fracturi, orientate NNE—SSW şi WNW—ESE, care au luat naştere la finele tectogenezei sveco-careliene. Alte linii tectonice, probabil de aceeaşi vîrstă, cu orientare generală NW—SE, au fost reactivate în orogeneza

assyntică, determinînd individualizarea horstului Palazu Mare — Cernavodă şi încălecarea acestuia peste şisturile verzi din compartimentul adiacent nordic.

Primit la redacţie
la 20 decembrie 1977.

BIBLIOGRAFIE

AIRINEI ŞT. (1955), *Cercetări magnetice regionale în Dobrogea, Moldova de sud şi estul Cîmpiei Române*. Bul. st. Acad. R.P.R., Secţ. St. biol. agr., geol., geogr., **7**, *1*, 155—175, Bucureşti.

— (1958), *Harta anomaliei magnetice ΔZ din Dobrogea, Moldova de sud şi estul Cîmpiei Române*. St. cerc. geol., **3** *1—2*, 79—109, Bucureşti.

— (1967), *Cupluri de anomalii gravimetrice-magnetice deschise pe litoralul românesc al Mării Negre*. St. cerc. geol. geofiz., geogr., Geofizică , **5**, *1*, 147—154, Bucureşti.

— BOTEZATU R. (1977) *Contribuţii geofizice la cunoaşterea geologică a Dobrogei*. St. cerc. geol. geofiz., geogr., Geofizică, **15**, 3—17, Bucureşti.

BOTEZATU R., BĂCIOIU Tr. (1955), *Anomalia gravităţii în Dobrogea Centrală*. Bul. st. Acad. R.P.R., Secţ. geol., geogr., **2**, *2*, 237—252, Bucureşti.

— (1959), *Cercetări gravimetrice de-a lungul văii Carierei (reg. Constanţa)*. D. S. Com. Geol. **XLII** (1954—1955), 245—250, Bucureşti.

— (1971), *Sur la nature de certaines anomalies gravimétriques dans la région à dépôts carbonates épais de Roumanie*. Acta Geol. Acad. Sci, Hungarica, **15**, 351—356, Budapest.

CHIRIAC M. (1968), *Notă explicativă la harta geologică* 1:200.000, *foaia Constanţa*. Arh. Inst. Geol., Bucureşti.

GAVĂT I., AIRINEI ŞT., BOTEZATU R., SOCOLESCU M., STOENESCU Sc., VENCOV I. (1963), *Structura geologică profundă a teritoriului R. P. România după datele actuale geofizice (gravimetrice şi magnetice)*. St. cerc. geofiz., **1**, *1*, 7—34, Bucureşti.

GIUŞCĂ D., IANOVICI V., MÎNZATU S., SOROIU M., LEMNE M., TĂNĂSESCU A., IONCICĂ M. (1967), *Asupra vîrstei absolute a formaţiunilor cristaline din vorlandul orogenului carpatic*. St. cerc. geol., geofiz., geogr., Geologie, **12**, *2*, 287—297, Bucureşti.

— VASILIU C., MEDEŞAN A., UDRESCU C. (1976), *Formaţiunea feruginoasă carelіană din Dobrogea*. St. cerc. geol., geofiz. geogr., Geologie, **21**, 3—20, Bucureşti.

GURĂU A. (1962), *Determinarea elementelor structurale în rocile metamorfice (Aplicaţii experimentale la zăcămîntul de fier de la Palazul Mare — Dobrogea)*. Rev. Min., **XIII**/7, 287—299, Bucureşti.

IANOVICI V., GIUŞCĂ D. (1961), *Date noi asupra fundamentului cristalin al Podişului Moldovenesc şi al Dobrogei*. St. cerc. geol., **6**, *1*, 155—159, Bucureşti.

— GIUŞCĂ D., MUTIHAC V., MIRĂUŢĂ O., CHIRIAC M. (1961), *Ghidul excursiilor*. D. Dobrogea. Asoc. geol. Carp.-Balc., 84 p. Bucureşti.

ILIESCU V., MUTIHAC V. (1965), *Consideraţii asupra posibilităţilor de corelare a unor depozite din fundamentul zonei Tulcea cu formaţiunile cutate din Dobrogea Centrală*. D. S. Com. Geol., **LI**/*1* (1963—1964), 243—249, Bucureşti.

MIHU E. (1974), *Contribuţii la cunoaşterea structurii geologice a zăcămîntului de minereu de fier de la Palazu Mare*. Rev. Min. *2*, **25**, 72—76, Bucureşti.

MIRĂUŢĂ O. (1964), *Şisturile verzi din regiunea Dorobanţu-Măgurele (Dobrogea Centrală)*. D.S. Com. Geol. **L**/*2* (1962—1963), 259—275, Bucureşti.

— (1964), *Stratigrafia şi tectonica şisturilor verzi din regiunea Istria-Băltăgeşti (Dobrogea Centrală)*. D. S. Com. Geol. **LI**/*1* (1963—1964), 257—280, Bucureşti.

— (1969), *Tectonica proterozoicului superior din Dobrogea Centrală*. An. Com. Geol., **XXXVII**, 7—36, Bucureşti.

MUREŞAN M. (1971), *Asupra prezenţei unei ferestre tectonice în zona şisturilor verzi din Dobrogea Centrală (regiunea Altîn Tepe)*. D. S. Inst. Geol., **LVII**/*5* (1969—1970), 127—154, Bucureşti.

ROMANESCU D., ROŞCA V., SOARE A. (1972), *Recherches magnétometriques sur la plate-forme continentale de la Mer Noir au large des côtes roumaines*. Rev. Roum. Géol., Géophys. Géogr., Série de Géophysique, **16**, *1*, 103—107, Bucureşti.

Schuster J. M. (1974), *Sur une méthode d'interprétation des anomalies magnétiques et gravimétriques.* Univ. Louis Pasteur de Strassbourg.

Ştefănescu Sabba, Airinei Şt., Botezatu R., Ionescu F., Popovici D., Stoenescu Sc. (1961), *Prospecţiuni geofizice pentru fier lîngă Constanţa.* Probl. geofiz., 11, 163—179. Bucureşti.

Vasiliu I., Solomon A. (1975), *Some problems of mining seismic prospecting in Romania. Achievements and perspectives.* Rev. Roum. Géol., Géophys. Géogr., Série de Géophysique, *19*, 87—100, Bucarest.

Vâjdea V., Vâjdea El., Zugrăvescu D. (1964), *Linia tectonică Capidava-Ovidiu în profilarea geoelectrică prin metoda rezistivităţilor.* St. cerc. geol., geofiz., geogr., **9**, *2*, 503—512, Bucureşti.

Vâjdea V., Nicolau S., Grecu P. (1966), *Contribuţii geoelectrice la cunoaşterea hidrogeologică a zonei Palazu Mare-Cocoşu.* D. S. Inst. Geol., **LII**/*2* (1964—1965), 287—300, Bucureşti.

STRUKTURMODELL DES METAMORPHEN UNTERBAUES VON PALAZU MARE ALS ERGEBNIS INTEGRIERTER GEOLOGISCHER, GEOPHYSISCHER, UND PETROPHYSISCHER UNTERSUCHUNGEN.

ZUSAMMENFASSUNG

Geophysikalische Messungen in Süd-Dobrogea ergaben eine magnetische Anomalie derer Maximum sich in der Nähe von Palazu Mare befindet. Mehrere Bohrungen in der Apexzone zeigten, dass sie auf Magnetitanhäufungen in den kristallinen Schiefern des Unterbaues zurück zu führen ist.

Eine Neubearbeitung der geophysikalischen Daten und eine eingehende geologische und petrophysische Untersuchung sämtlicher Bohrkerne ermöglichten es, ein Strukturmodell der präkambrischen kristallinen Schiefer zu entwerfen. Die neuerworbenen Kenntnisse vervollkommnen das Strukturbild der Süd-Dobrogea und stellen ihre geologischen Verhältnisse zur Zentral—Dobrogea in ein neues Licht.

Die Interpretierung der magnetischen Daten führt zur Auffassung einer Schollenzerteilung des Unterbaues. Eine WNW—ESE streichende Langscholle (Palazu Mare—Cernavodă), beiderseits von Verwerfungen begrenzt ist, relativ zu ihrer beiderseitigen Umgebung, herausgehoben. Der vertikale Verschiebungsbetrag wird örtlich auf 1 000 m geschätzt. Die Horstscholle senkt sich, von Osten nach Westen, treppenartig, an NNE—SSW streichenden Sprüngen. (Tafel I). Der höchst herausgehobene Block ist der von Palazu Mare in dem sich auch die wichtigste magnetische Anomalie befindet. Einer dieser Sprünge (Constanţa — Verwerfung) verursacht eine Blattverschiebung mit einem Verschiebungsbetrag von beiläufig 12 Km.

Zahlreiche Bohrungen trafen unter dem etwa 400—500 m mächtigen Jura, auf den metamorphen Unterbau der nach radiogenem Alter, Lythologie und Metamorphosegrad in drei Serien gegliedert wurde : die untere — Gneis-Serie, die Palazu Mare-Serie und die Grünschiefer-Serie. Zwischen den Serien bestehen Diskordanzverhältnisse. Die Palazu Mare—Serie besteht aus zwei lythostratigraphischen Komplexen : der untere—Amphibol— Quartzitschiefer Komplex in dem die Magnetitanhäufungen vorkommen und der obere Muskovit-Andalusitschiefer Komplex (Tab. 1).

Petrophysische Untersuchungen haben erwiesen, dass die magnetische Anomalie ausschliesslich vom unteren Komplex verursacht wird. Er wird von Werten charakterisiert die zwischen 10 und 45.10^{-3} CGS-Einheiten liegen (Tab. 2). Dieses Ergebnis ermöglichte eine Modellierung nach dem Talwani-Verfahren der magnetischen Anomalie, vermittels eines Programmes mit, dem Assembler-Programm ähnlichen, Charakteristiken. Mittels dieses Programmes wurde der ΔZ-Effekt an der Oberfläche und in einer Tiefe von — 400 m, für verschiedene Werte des Vektors der remanenten Magnetisierung, an 14 horizontalen Schnitten der magnetischen Suszeptibilitäts Variationen berechnet.

Die Interpretierung der geologischen und geophysischen Daten liegt dem Strukturmodell der metamorphen Schiefer von Palazu Mare, zugrunde. Es zeigt eine E—W streichende monoklinale Struktur mit einem südlichen Einfallen von 40—60° (Tafel II u. III).

Die Palazu Mare—Serie erlitt in der sveko-karelischen Orogenese relativ mässige plastische Verformungen während derer das Ausgangsgestein in der Amphibolit — Fazies bei relativ niederem Druck metamorphosiert wurde. Diese Metamorphose bewirkte eine retromorphe Anpassung des oberste Teiles der Gneis-Serie. Es folgte eine Schollenzerbrechung an NNE—SSW und NNW—SSE Brüchen (Abb. 9).

In der assyntischen Orogenese entstand, aus den infrakambrischen flyschoiden Sedimenten, die Grünschiefer— Serie die von der, ebenfalls assyntisch, retromorphosierten Palazu Mare—Serie überschoben wurde.

Die Blattverschiebung längst der Constanţa — Verwerfung fand wahrscheinlich im Spätassyntikum, vielleicht aber auch in der herzynischen Orogenese, statt.

INFORMARE ASUPRA CELEI DE A XIII-A REUNIUNE A COMISIEI ACADEMIILOR DE ŞTIINŢE ALE ŢĂRILOR SOCIALISTE PENTRU GEOFIZICA PLANETARĂ (KAPG)

Între 12 şi 20 aprilie 1978 a avut loc la Sopron în R.P.U. cea de a XIII-a reuniune a Comisiei Academiilor de Ştiinţă din ţările socialiste pentru colaborarea multilaterală în problema complexă a cercetărilor geofizice planetare.

În timpul reuniunii s-au ţinut două simpozioane ştiinţifice şi o sesiune de comunicări organizată de grupele de lucru I 1, 2, 3, 4, 9 şi IV 1,3. Simpozioanele au avut următoarea tematică :

— Dinamica regiunii carpato-balcanice.

— Transformarea şi transportul energiei în atmosferă.

Obiectul sesiunii de comunicări a fost „Fizica Pământului solid".

Materialele prezentate în cadrul simpozioanelor şi sesiunii vor fi publicate în reviste ştiinţifice din R.P.U. şi R.D.G.

În cadrul şedinţelor comisiei s-au luat următoarele hotărîri mai importante, care au fost transmise sub formă de recomandări comitetelor naţionale :

1. Organizarea în cadrul unei grupe de lucru a unei singure acţiuni importante (simpozion, seminar, şcoală internaţională) în decursul perioadei de 2 ani dintre sesiuni.

2. Acordarea unei atenţii deosebite cercetărilor care conduc la aplicaţii practice concrete.

3. Unirea potenţialelor institutelor academiilor de ştiinţe cu acelea ale serviciilor geodezice în domeniul cercetărilor geodinamice.

4. Ratificarea tematicii simpozioanelor care vor avea loc în cadrul comisiei în următorii 2 ani.

5. Organizarea unei grupe de experţi pentru întocmirea unei prognoze de dezvoltare a cercetărilor geofizice planetare, solicitîndu-se pentru aceasta sprijinul comitetelor naţionale.

6. Comitetele naţionale, subcomisiile precum şi grupele de lucru KAPG să coopereze la programele : „Cercetări internaţionale ale magnetosferei" şi Studiul atmosferei medii (mezosferei).

7. Solicitarea Comitetelor naţionale în vederea trimiterii datelor necesare la Centrul de documentare geodezică de la Universitatea Tehnică din Drezda (R.D.G.) la Centrul pentru maree terestre de la Sofia (R.P.B.) şi Centrul pentru mişcările recente ale scoarţei de la Praga (R.S.C).

8. Aprobarea unei schimbări în structura şi compoziţia KAPG şi a planului simpozioanelor KAPG pentru 1979 şi 1980.

9. Cea de a XV-a reuniune KAPG va avea loc la Bratislava (R.S.C.).

ST. CERC, GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 1, P. 115–118, BUCUREŞTI, 1979

În cadrul simpozionului internaţional privind „Geodinamica regiunii Carpato-Balcanice şi a zonelor adiacente" lucrările prezentate au fost grupate în trei secţiuni :

I. Date regionale geotermice, geoelectrice, seismice de mare adîncime, paleomagnetice şi seismologice şi interpretarea lor tectonică.

II. Evoluţia vulcanică şi magmatică a regiunii.

III. Modele geodinamice.

Din prima grupă sînt de menţionat :

1) Dacev Hr. et al., *Date geofizice regionale în zona Balcanidelor şi problemele interpretării lor geologice.*

În lucrare se remarcă poziţia Balcanidelor la convergenţa plăcilor Rodope, Moesică şi a Mării Negre.

2) Joó J., *Contribuţia geodezică la studierea mişcărilor crustale verticale recente ale regiunii Carpato-Balcanice.*

Este prezentată harta regiunii Carpato-Balcanice privind mişcările crustale verticale recente la scara 1 : 1 000 000, care este în curs de elaborare şi va apare probabil în 1979.

Faţă de harta Europei de Est — prezentată la reuniunea KAPG de la Moscova din 1971 — noua imagine a fost obţinută pe baza unor valori noi ale vitezei şi direcţiei mişcărilor crustale.

3) Cermák V. et al., *Corelarea fluxului termic şi grosimii crustei pe teritoriul regiunii Carpato-Balcanice.*

Corelaţia între structura crustei şi activitatea geotermică observată la suprafaţă poate explica anumite procese geologice de adîncime. Deşi, teoretic, valorile mari de flux termic ar trebui să apară în zonele de îngroşare ale crustei, există zone în Europa Centrală şi de Est unde valorile mari ale fluxului termic sînt legate de subţierea considerabilă a crustei şi deci de mantaua superioară.

4) Meskó A. şi Kis K., *Analiza combinată a aspectului regional al cîmpului gravific şi anomalia magnetică verticală în Bazinul Panonic şi implicaţiile tectonice.*

Aplicîndu-se transformata Fourier la derivarea funcţiilor de corelaţie se obţin rozete de lineaţie atît pentru anomalia Bouguer cît şi pentru anomaliile magnetice corespunzătoare fiecărui bloc tectonic.

5) Bune V.I. şi Drumea A.V., *Rezultatele activităţii de zonare seismică a regiunii Carpato-Balcanice.*

Pe hărţile de zonare seismică sînt conturate zonele de diverse intensităţi, acceleraţii şi viteze. Zonele de focar sînt evidenţiate pe baza datelor geologo-geofizice. Rezultatele sînt comparate cu lucrări similare efectuate în cadrul Programului UNESCO pentru zona Balcanică.

6) Reisner G.I., Solpo V.N. şi Borisov B. A., *Criterii geologice de risc seismic în regiunea Carpato-Balcanică.*

Evidenţierea zonelor de producere a cutremurelor s-a făcut pe baza metodicii tradiţionale de analiză geologică. S-a ajuns la concluzia că gradul maxim de risc seismic este dependent de nodurile de intersecţie ale fracturilor majore-considerate crustale.

7) Kármic V. et al. *Activitatea seismică în regiunea Carpato-Balcanică.*

Este investigată o arie foarte întinsă cuprinzînd R.P.B., R.S.R., Ukraina de SW, R.S. Moldovenească, R.P.U., R.S.C. şi parţial Austria,

Iugoslavia şi Grecia. Cutremurele apar în anumite zone fiind legate de activitatea neotectonică.

8) Jankowski J. et al., *Localizarea anomaliei geoelectrice din Carpaţi în corelaţia cu date geofizice independente.*

Anomalia geoelectrică a fost localizată la limita dintre Carpaţii externi şi centrali, prin profile executate transversal peste Carpaţii de vest şi de est, atît pe teritoriul Cehoslovaciei cît şi pe cel al Poloniei. Adîncimea sursei anomaliei este estimată între 15 şi 25 km. Natura şi semnificaţia anomaliei sînt discutate în corelaţie cu informaţiile geologice, geotermice, seismologice, gravitaţionale etc.

9) Mauritsch H. J., *Date paleomagnetice din Alpii calcaroşi şi nordici şi interpretarea lor tectonică.*

Cercetările s-au efectuat în regiunea calcarelor liasice de Adnet. Datele obţinute concordă cu ipoteza deplasării spre nord a Alpilor calcaroşi cu cîteva sute de km, precum şi a rotaţiei lor dextrogire (spre dreapta) cu circa 45°, în raport cu Eurasia (în timpul Jurasicului).

Din a doua grupă amintim :

1) Kovách A. et al., *Rezultate recente în studiul vulcanismului premezozoic al regiunii Transdanubiene.*

Rezultatele studiului se referă la vulcanismul premezozoic din M-ţii Mecsek şi Villányi şi zona podişului Balaton.

În cadrul sesiunii de comunicări, organizată sub forma de „discuţie" de către grupele I şi IV, cu subiectul „Fizica Pămîntului solid", lucrările prezentate s-au încadrat în două subgrupe.

Prima subgrupă a avut tematica „Probleme geofizice şi geochimice". S-au prezentat următoarele comunicări :

1) Pěč K., *Problema magnetotelurică inversă pentru curbele de sondaj în sectorul carpatic al profilului VI.*

S-au analizat variaţiile electromagnetice în zona profilului dintre Masivul Boemiei şi Carpaţi, aplicîndu-se metoda Hedgehog şi respectiv procedeul Monte Carlo pentru determinarea unui model care să corespundă condiţiilor locale.

2) Stănică D. et al., *O nouă metodă de prelucrare a datelor telurice.*

Prin analiza seriilor de timp şi teoria sistemelor lineare sînt reduse variaţiile cîmpului electric natural la suprafaţa Pămîntului, în acest fel putîndu-se obţine informaţii asupra proprietăţilor electrice ale subsolului. Astfel pe baza analizei spectrale se estimează coeficienţii spectrali pentru variaţiile cîmpului electric.

3) Onuoha K. M., *Cercetări geofizice şi geochimice de recunoaştere ale complexelor ofiolitice de-a lungul liniei megatectonice Darno din nord-estul Ungariei.*

Se dă o atenţie deosebită complexelor ofiolitice care apar pe linia Darno, deoarece sînt considerate că aparţin crustei oceanice.

Din cea de a doua subgrupă, care a avut ca temă „Vulcanologia şi tectonica magmei" menţionăm lucrările :

1) Pál Gyarmati, *Schiţa vulcano tectonică a M-ţilor Tokay.*

Munţii Tokay sînt limitaţi la vest de o linie structurală alpină recentă, care corespunde morfologic cu valea rîului Hernad şi care face un unghi

ascuţit cu linia Szamos. De liniile vulcanotectonice sînt legate centrele geyserilor activi, postvulcanici şi amplasamentele filoanelor hidrotermale, cu compoziţie silicioasă sau carbonatică.

2) Matiaş Erno, *Ritmurile mişcărilor tectonice şi vulcanice ale scoarţei pe baza analizei geologice a formaţiunilor neogene din regiunea Tokay.*

Autorul stabileşte trei perioade de activitate vulcanică de vîrstă neogenă, corespunzătoare unor dilatări tectonice ale scoarţei.

În lucrare este aplicată legătura între mişcările tectonice şi activitatea vulcanică.

3) Balla Z., *Istoria formării paleovulcanilor Berjensc şi Dunazugsc.*

Sînt descrişi stratovulcanii Berjensc şi Dunazugsc din punct de vedere al dimensiunilor, vîrstei şi formaţiunilor geologice care iau parte la alcătuirea lor.

4) Baksa Cs. et al. *Structura vulcanică a Munţilor Matra.*

Este analizată materia vulcanică a Munţilor Matra în ceea ce priveşte epoca şi locul de formare al acesteia.

În concluzie se poate spune că lucrările prezentate în cadrul simpozioanelor ţinute cu ocazia reuniunii KAPG prezintă importanţă şi pentru ţara noastră întrucît din rezultatele studiilor executate în regiunile adiacente teritoriului Republicii Socialiste România se pot verifica unele teorii sau ipoteze elaborate de specialiştii români.

În ceea ce priveşte reuniunea KAPG este de reţinut posibilitatea de a colabora cu centrele de stocare a datelor de la Sofia, pentru maree terestre şi de la Praga, pentru mişcări crustale recente. De asemenea este demn de atenţie faptul că reuniunea KAPG din anul 1980 se va ţine în ţara noastră. Pentru aceasta este necesar ca pregătirile să se înceapă de pe acum. Important este faptul că, pentru prima dată, ţara noastră devine coordonatoare în problema formulată „Principii de microzonare seismică".

Ing. Titus Neştianu
Ing. Miron Popescu
Ing. Florin Rădulescu
Ing, Andrei Soare

CU PRIVIRE LA UNELE ASPECTE ALE STUDIULUI GEOFIZIC COMPLEX AL ZONELOR SEISMICE DIN R.P. CHINEZĂ

DE

I. CORNEA, C. DEMETRESCU, D. VOICULESCU

Centrul de fizica Pămîntului și seismologie, București-Măgurele, Sector 6, C.P. 5 202, București

Teritoriul R. P. Chineze este unul dintre cele cu seismicitatea cea mai ridicată de pe glob. Informațiile privind seismele pe teritoriul R.P. Chineze sînt foarte vechi : începînd de la 1809 î.e.n. există date scrise despre cutremure și pagubele produse.

Din punct de vedere tectonic, teritoriul R. P. Chineze reprezintă un bloc crustal continental, fracturat, supus presiunii plăcilor tectonice care-l mărginesc. Coliziunea dintre placa indiană și cea asiatică a produs spectaculoasele zone orogenice din sudul și estul R. P. Chineze, iar întreg ansamblul de presiuni este responsabil pentru numeroasele cutremure produse pe teritoriul acestei țări. Menționăm că, cu excepția unor cutremure din zona Taiwan și din NE, cutremurele observate pe teritoriul R.P. Chineze sînt cutremure de tip normal care se produc în scoarță la mică adîncime (10—20 km).

Seismicitatea ridicată a teritoriului, pierderile mari în vieți omenești și bunuri materiale produse de cutremurele de pămînt, au impulsionat puternic activitatea de cercetare pentru prevederea acestora. În 1975 specialiștii chinezi au fost primii din lume care au reușit să prevadă un cutremur puternic (Haicheng, 4 februarie 1975, magnitudine 7,3) și să evacueze populația din zonă.

Activitatea seismologică din R.P. Chineză este coordonată de Biroul seismologic de stat, în subordinea căruia intră Institutul de geofizică, Institutul de geologie, Brigada seismologică și birourile seismologice ale provinciilor. Un loc foarte important în preocupările instituțiilor menționate îl ocupă, pe lîngă cercetările seismologice propriu-zise, cercetările din celelalte domenii ale fizicii Pămîntului : geomagnetism, gravimetrie, geotermie, georadioactivitate, mișcări crustale, tectonofizică, într-un sistem complex de cercetări, al căror scop final este prevederea cutremurelor puternice.

Autorii acestei note au efectuat o vizită în R.P. Chineză, în cursul anului 1978, în vederea unui schimb de experiență privind studiul geofizic complex al zonelor seismice potențiale și prevederea cutremurelor de pămînt, după un program stabilit de Biroul seismologic de stat al R.P. Chineze. Acest program a cuprins : vizitarea Institutului de geofizică și a Institutului de geologie din Pekin, o vizită la Biroul seismologic al provinciei Yunnan, vizitarea unor observatoare standard și a unor observatoare specializate din zona Pekin și provincia Yunnan, precum și vizitarea fabricii de aparatură seismologică din Pekin.

În timpul vizitei am putut lua cunoștință îndeaproape de rezultatele obținute în prevederea cutremurelor puternice, scopul final al cercetărilor

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 1, P. 119—130, BUCUREȘTI, 1979

întreprinse de întregul sistem de instituţii prezentat mai sus. Rezultatele remarcabile obţinute în această direcţie sînt urmarea organizării unei reţele de observatoare „standard", în care se măsoară continuu diferiţi parametri geofizici, şi a studierii corelate a variaţiei acestora în timp. Datele acumulate timp de cîţiva ani au permis depistarea unor anomalii precursoare cutremurelor puternice, pe baza studierii cărora se poate face predicţia de termen mediu şi scurt. Desigur că predicţiile false şi eşecurile (cutremurul de la Tangshan) demonstrează complexitatea fenomenului, ca şi necesitatea studierii aprofundate în continuare a tuturor fenomenelor geofizice în vederea găsirii unor anomalii ce preced producerea cutremurelor.

Un rol important în micşorarea pagubelor şi a pierderilor de vieţi omeneşti îl are educarea pe scară largă a maselor cu privire la cauzele şi efectele cutremurelor de pămînt. Această activitate este efectuată de organele de partid şi ale administraţiei locale, prin afişe, conferinţe, emisiuni de radio şi televiziune. Un loc important în această activitate îl au staţiile de amatori, organizate pe lîngă şcoli, fabrici, brigăzi agricole de producţie, care, echipate cu instrumente simple, construite în multe cazuri prin forţe proprii, antrenează masele în cunoaşterea fenomenului seismic. Menţionăm că observarea comportamentului animalelor se face în cadrul acestor staţii. În unele cazuri, datele furnizate de aceste staţii sînt luate în consideraţie în predicţia cutremurelor, ele completînd în mod informativ datele furnizate de observatoarele profesionale.

În cele ce urmează vor fi prezentate o serie de detalii privind direcţiile principale de cercetare în cele două institute din subordonarea Biroului seismologic de stat, organizarea unui birou seismic provincial, dotarea unui observator standard şi a unor observatoare specializate. În partea finală a Notei de faţă, vom expune, pe baza exemplului a două cutremure puternice, caracteristicile unor fenomene geofizice ce au precedat cutremurele respective.

Institutul de geofizică are ca sarcină studierea, prin metodele fizicii Pămîntului, a legilor de producere a cutremurelor şi a metodelor de predicţie a acestora, principalele secţii fiind : seismologie şi geomagnetism. În acest institut se studiază seismicitatea regiunii Pekin, pe baza măsurătorilor efectuate într-o reţea de 21 staţii seismice telemetrate, seismicitatea întregii ţări, pe baza datelor istorice, fizica proceselor din focarul cutremurului, relaţia dintre cutremure şi variaţiile cîmpului geomagnetic, construcţia de aparatură.

Institutul de geofizică are în subordine 17 observatoare standard, în care se fac măsurători seismologice, geomagnetice, de variaţie a concentraţiei radonului în apele freatice, de variaţie a înclinaţiei scoarţei, geoelectrice, gravimetrice şi de variaţie a tensiunilor mecanice în scoarţă. Acolo unde condiţiile geologice sînt specifice, sînt organizate observatoare specializate (de ex. observatoare numai pentru studierea tensiunilor, sau numai pentru deformările şi deplasările scoarţei), în subordinea brigăzilor seismice.

Institutul geologic are ca direcţii principale de cercetare : tectonica seismogeologică, cîmpul regional de tensiuni, structura de profunzime a scoarţei prin metode geofizice, tectonofizica, proprietăţile materiei aflate la adîncimi mari.

Vizita în provincia Yunnan (394 000 km², 28 milioane locuitori) a permis cunoaşterea unui birou seismic provincial. În cazul în speţă, Biroul dispune de un personal de 700 oameni, din care :

— Divizia pentru menţinerea staţiilor şi activitatea amatorilor (23 observatoare profesionale, 700 staţii de amatori), cu 200 persoane.

— Divizia pentru analiză seismică şi predicţie, 55 persoane.

— Brigada seismologică, 50 persoane,

— Brigada de ridicări geodezice, 80 persoane.

— Secţia de cercetare (cercetări privind focarele cutremurelor, inginerie seismică şi cercetări experimentale asupra proprietăţilor materiei la presiuni şi temperaturi înalte), 40 persoane.

— Atelier, 80 muncitori.

— Calculator, 10 persoane.

— Garaj cu 70 autovehicole.

— Administraţie.

Observatoarele standard sînt organizate în scopul efectuării unor măsurători continue asupra fenomenelor geofizice, în vederea observării precursorilor cutremurelor puternice. Delegaţia română a vizitat trei asemenea observatoare (Pekin, Kunming, Tonghai). În cadrul acestor observatoare se fac înregistrări seismometrice, geomagnetice, gravimetrice, înclinometrice, geoelectrice, de tensiuni mecanice în scoarţă şi de concentraţie a radonului în apele freatice. În cazurile în care condiţiile geologice nu permit efectuarea unora dintre măsurători în punctul respectiv (de ex. măsurători de tensiuni mecanice sau măsurători geomagnetice) sau atunci cînd ele favorizează efectuarea unor anumite măsurători (de ex. deformări crustale în zona faliilor active), se construiesc observatoare specializate. Delegaţia română a vizitat Observatorul de deformări crustale Pa Bao şi Observatorul de tensiuni de lîngă Pekin.

Aparatele înregistratoare sînt montate în tunele subterane de cîteva zeci de metri lungime, în condiţii speciale de constanţă a temperaturii şi de nivel scăzut de zgomot seismic. În clădirile de la suprafaţă se află consolele de comandă, aparatura de prelucrare şi aparatura ce nu necesită instalarea în subteran (de ex. cea pentru măsurarea concentraţiei de radon). Înregistratoarele pentru cîmpul geomagnetic sînt montate într-o subterană plasată mai departe de clădirea (clădirile) observatorului, pentru reducerea la minim a influenţelor magnetice parazite. Măsurătorile magnetice absolute necesare pentru determinarea valorii liniei de bază a înregistrării variaţiei cîmpului geomagnetic se efectuează într-un laborator special construit din materiale nemagnetice.

În multe cazuri sînt instalate două sau chiar trei aparate de acelaşi tip pentru compararea măsurătorilor şi eliminarea erorilor întîmplătoare. De asemenea, observatoarele profesionale sînt dotate şi cu aparatură mai simplă, de tipul celei folosite de către amatori, în vederea studierii modului în care informaţiile furnizate de staţiile de amatori pot fi utilizate în predicţia cutremurelor.

Măsurătorile efectuate la aceste observatoare se realizează cu următorul echipament :

— Măsurătorile seismice, cu seismografi de perioadă scurtă, medie şi lungă, cu înregistrare foto sau cu peniţă, cu diverse amplificări, cu acce-

lerometre şi cu sisteme de înregistrare a nivelului de zgomot microseismic natural.

— Măsurătorile geomagnetice se efectuează cu aparatură clasică : înregistratoare magnetice pe hîrtie fotografică pentru trei componente şi aparate QHM, BMZ, teodolit, pentru măsurători absolute. A început de asemenea să fie utilizat magnetometrul protonic.

— Măsurătorile concentraţiei radonului în apa freatică se fac pe probe de apă luate din puţuri forate în acest scop, fie în flux continuu, fie intermitent.

— Pentru măsurătorile gravimetrice se utilizează gravimetre cu înregistrare fotografică.

— Măsurătorile de înclinare a scoarţei se realizează cu înclinometre tip pendul orizontal din cuarţ sau metalice şi cu înclinometre cu tub cu apă (24—26 m lungime).

— Măsurătorile de tensiuni în scoarţă se fac cu ajutorul unor traductori magnetostrictivi de tip Hast montaţi în găuri de sondă de 50—100 m adîncime. Se folosesc pe scară largă şi traductori rezistivi într-un dispozitiv mai simplu, introdus la 1—2 m în sol.

Observatorul pentru deformări crustale de la Pa Bao este plasat pe o falie importantă din apropierea Pekinului, în zona sa cea mai îngustă (lăţimea zonei fracturate 12 m). Observatorul este construit chiar pe falie, în aşa fel încît toate măsurătorile se fac în interiorul clădirii. În cadrul acestui observator se măsoară mişcările pe verticală ale celor două compartimente ale faliei, precum şi compresiunile şi tensiunile în falie. În dotarea acestui observator sînt cuprinse : un nivelmetru de precizie, cu citire vizuală, cu cele două stadii de invar montate pe piloni plasaţi pe cele două compartimente ale faliei, la 26 m distanţă unul de celălalt, un tilmetru cu tub de apă, de 24 m lungime, montat perpendicular pe falie, înclinometre metalice verticale, un extensometru din bară de cuarţ, cu lungimea de 24 m, cu măsurare interferometrică.

După cum am mai menţionat, activitatea legată de prevederea producerii cutremurelor de pămînt se desfăşoară prin cercetări corelate complexe asupra variaţiei în timp a diferiţilor parametri geofizici măsuraţi continuu la diferite observatoare standard sau specializate. În continuare, vom prezenta caracteristicile fenomenelor precursoare în cadrul a două cutremure puternice, cel de la Longling (predicţie reuşită) şi cel de la Tangshan (predicţie nereuşită).

Provincia Yunnan, în care se află zona epicentrală Longling, prezintă o seismicitate ridicată. Astfel, de la 1900 pînă în prezent s-au produs 200 cutremure cu magnitudine mai mare ca 5. De la 1970 s-au produs trei cutremure cu magnitudine mai mare de 7 (1970, Tonghai, $M = 7{,}7$; 1974, Giao Tung, $M = 7{,}1$; 1976, Longling, $M = 7{,}3$ şi 7,4). În cazul ultimului, precum şi în cazul cutremurului de la Linglang (1976, $M = 6{,}9$ şi 6,8) s-a făcut o predicţie de termen lung, mediu şi scurt.

La 29 mai 1976 s-au produs în masivul granitic de la Longling două cutremure de magnitudine 7,3 şi respectiv 7,4, primul la ora 20^h32^m, al doilea la ora 22^h00^m, avînd coordonatele epicentrului : 24°22'N, 98°38,6'E

și respectiv 24°33'N, 98°45'E. Fenomenele precursoare acestor cutremure au fost următoarele :

a. Seismicitatea. S-a constatat creșterea puternică a frecvenței cutremurelor ($M \geqslant 3{,}0$) după 1973, cu circa 3 ani înainte de cutremur (de la 40 la 80—100 cutremure pe an).

b. Raportul vitezelor undelor P și S prezintă o descreștere anormală începută în 1972 și care a durat pînă în decembrie 1975.

c. Variația concentrației radonului în apele freatice a fost observată în 5 puncte, aflate la 0,170, 220, 250 și 430 km de epicentru. S-a observat o creștere a concentrației în cele 5 puncte începînd cu februarie 1975, mai 1975, februarie 1976, și respectiv martie 1976, avînd maximul plasat în perioada în care s-a produs cutremurul. Variația față de normal a fost de 18,3, 14,8, 12,4, 7,3 și 6,2% în cele 5 stații.

d. Tensiunile crustale măsurate în 4 stații, la 170, 250, 400 și 430 km de epicentru au prezentat creșteri anormale urmate de revenirea spre valoarea normală înainte de producerea cutremurului.

Din analiza fenomenelor precursoare prezentate mai sus, specialiștii chinezi au tras unele concluzii asupra modului în care acestea se manifestă și anume :

— Într-un punct dat momentul începerii diferitelor anomalii precursoare a fost diferit.

— Durata și amplitudinea anomaliilor precursoare sînt cu atît mai mari cu cît punctul de observație este situat mai aproape de epicentru.

— Punctul de modificare a anomaliei (de la creștere la descreștere) s-a produs în intervalul noiembrie 1975 — ianuarie 1976, cu cîteva luni înainte de producerea cutremurului.

— Cutremurele s-au produs în momentul în care cei mai mulți precursori au revenit la valoarea normală.

— Nu s-a putut pune în evidență o distribuție clară în spațiu a anomaliilor precursoare.

— Fenomenele precursoare pot apărea în unele cazuri la distanțe mari de epicentru (3 — 400 km).

În timpul vizitei, delegația română a fost informată în detaliu și asupra cutremurului din Tangshan, care a produs un număr impresionant de victime omenești și mari pagube materiale, cutremur care nu a putut fi prezis de către specialiștii chinezi.

Cutremurul de la Tangshan de magnitudine 7,8, a avut loc la 28 iulie 1976, ora 3^h24^m, (coordonatele epicentrului : 39°38'N ; 118°11'E), fiind urmat de un al doilea cutremur, de magnitudine 7,1 produs la ora 18^h45^m (coordonatele epicentrului 39°50'N ; 118°39'E). Adîncimea hipocentrului a fost de 12 și respectiv 13 km. În cazul acestui cutremur au putut fi observați atît precursorii seismici, utili în predicția de termen lung (cîțiva ani), cît și fenomene precursoare în cadrul celorlalte cîmpuri geofizice, utile în predicția de termen mediu (circa 10 luni) și scurt (2—3 luni).

A. *Precursorii seismici*

— Cutremurul de la Tangshan s-a produs în zona de intersecție a două benzi de seismicitate mai ridicată decît zonele înconjurătoare.

— S-a observat o migrație a cutremurelor spre est după 1974 (fig. 1 redă distribuția cutremurelor cu magnitudinea mai mare de 2,5 în funcție de anul producerii) și o concentrare în jurul zonei Tangshan.

— Seismicitatea în zonă a crescut după 1970 (fig. 2 redă energia eliberată în intervalul 1960—1976).

— În zona limitată de coordonatele 38°30′ — 40°40′N şi 117°00′ — — 119°50′ E s-a observat o descreştere a frecvenţei cutremurelor mici, conform figurii 3.

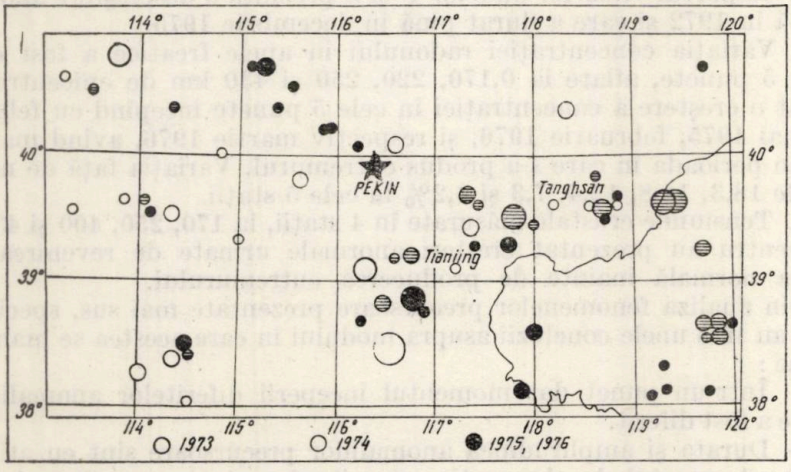


Fig. 1. — Distribuţia cutremurelor cu M — 2,5 în zona Pekin-Tangshan.

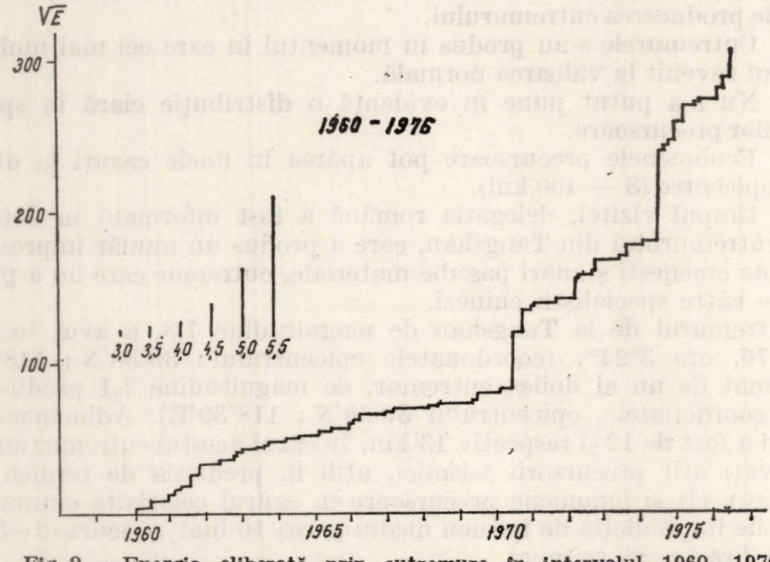
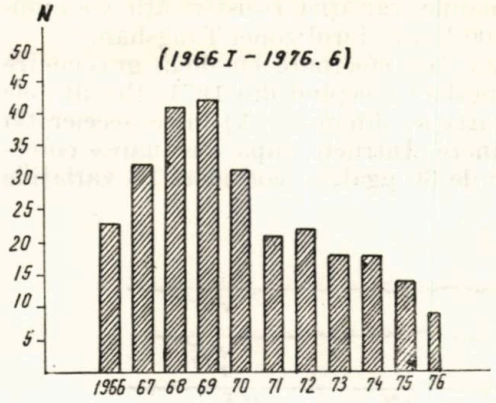


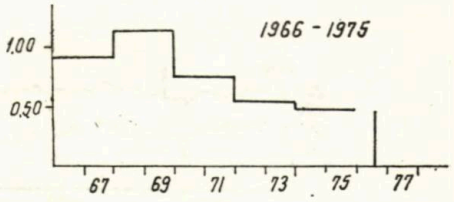
Fig. 2. — Energia eliberată prin cutremure în intervalul 1960—1976.

— Parametrul b din relaţia frecvenţă-magnitudine $\ln N = a - bM$, calculat pe intervale de 2 ani, prezintă o descreştere progresivă, avînd valoarea 0,48 pentru intervalul premergător cutremurului de la Tangshan (fig. 4).



← Fig. 3. — Variația frecvenței cutremurelor mici în zona Tangshan.

↓ Fig. 4. — Variația parametrului b din relația $\ln M = a - bM$.



B. *Precursorii de termen mediu*

— Observațiile făcute asupra curenților telurici în 13 puncte arată descreșterea rezistivității înainte de producerea cutremurelor puternice. Figurile 5, 6, 7 redau variația rezistivității solului în zona observatoarelor

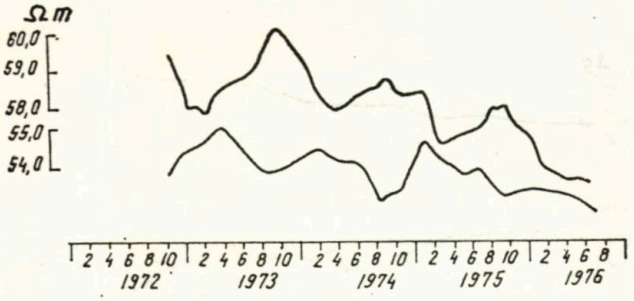


Fig. 5. — Variația rezistivității subsolului la Obs. Tangshan.

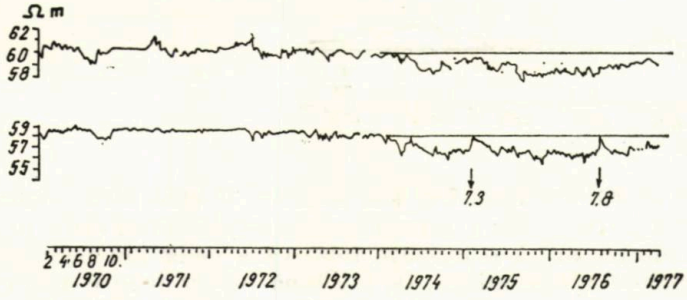


Fig. 6. — Variația rezistivității subsolului la Obs. Baodi.

Tangshan, Baodi (80 km V Tangshan) și respectiv Tangli (80 km E Tangshan). Descreșterea anormală a rezistivității s-a produs în aceste cazuri cu circa 27 luni înainte de cutremur, avînd valori ce pot atinge 6 % din mă-

rimea rezistivităţii măsurate. Anomaliile variaţiei rezistivităţii s-au observat într-o zonă cu raza de circa 100 km în jurul zonei Tangshan.

— Observaţiile gravimetrice au fost efectuate cu două gravimetre GS—2 pe profilul Pekin-Tianjin-Tangshan începînd din 1971. Rezultatele sînt redate în figura 8 sub forma variaţiei diferenţei Δg între acceleraţia gravitaţiei măsurată în cele trei puncte. Întrucît după efectuarea corecţiilor necesare precizia valorilor este de 30 μgal, se consideră că variaţiile

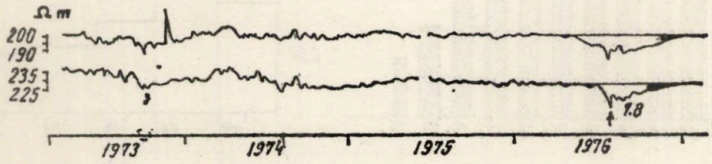


Fig. 7. — Variaţia rezistivităţii subsolului la Obs. Tangli.

observate, de pînă la 100 μgal în doi ani, pot fi trecute în categoria fenomenelor precursoare.

— Observaţiile asupra deformărilor crustale s-au făcut în cadrul unor observatoare situate mai departe de zona epicentrală. Analiza datelor

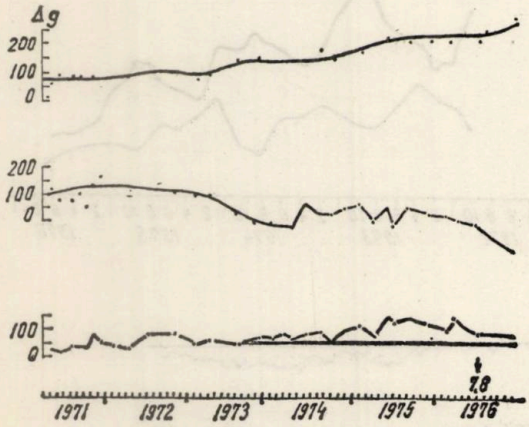


Fig. 8. — Variaţia acceleraţiei gravitaţiei pe profilul Pekin-Tianjin-Tangshan.

de la Observatorul Pa Bao, 180 km departe de epicentru (vizitat de delegaţia română), scoate în evidenţă următoarele fenomene: în intervalul 1969—1975 datele arată o mişcare relativă a celor doi pereţi ai faliei pe care este instalat observatorul, de 9 μ/lună (0,6 mm în 6 ani) considerată normală. Începînd din mai 1975 au apărut variaţii mari care au persistat pînă la producerea cutremurului (15 luni). În intervalul mai—iunie 1976 anomalia s-a accentuat, înregistrîndu-se deplasări relative de circa 300μ/lună, de 33 ori mai rapidă decît cele normale. În cursul lunilor iunie şi iulie 1976 a fost observată o descreştere bruscă a anomaliei (aşa-numita perioadă de revenire), în timpul căreia s-a produs cutremurul.

— Observaţiile asupra conţinutului de radon a apelor freatice au început prin 1968. Datele acumulate timp de 4—5 ani într-o zonă cu raza de circa 200 km în jurul epicentrului, la 20 de staţii, arată o creştere cu amplitudinea de circa 20% a conţinutului de radon. În figura 9 redăm variaţia concentraţiei radonului la 50 km NE de Tangshan (sus) şi 130 km E Tangshan (jos); cutremurul analizat s-a produs într-o zonă de creştere pronunţată a conţinutului de radon.

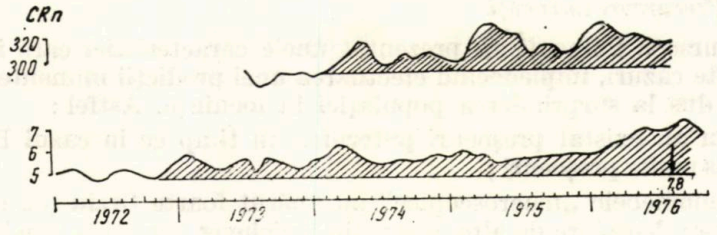


Fig. 9. — Variaţia concentraţiei radonului în apele freatice la 50 km NE Tangshan (sus) şi 130 km E Tangshan (jos).

— Observaţiile asupra cîmpului geomagnetic se fac atît în cadrul observatoarelor prin înregistrări continue, cît şi în staţii temporare de teren, prin măsurători repetate. Analiza statistică a măsurătorilor repetate efectuate începînd din 1975 a scos în evidenţă modificarea caracterului cîmpului geomagnetic înainte şi după cutremur, indicînd posibilitatea utilizării acestui fenomen în predicţia de termen intermediar.

C. *Precursorii de termen scurt*

Precursorii de termen scurt au început să apară în aprilie 1976. În figura 10 sînt prezentate cîteva exemple. Astfel:

— datele privind mişcările verticale ale faliei de la Observatorul Pa Bao indică un nou stadiu de accelerare ar mişcării, începînd din mai 1976 (curba *1*).

— datele privind concentraţia de radon în apele freatice la Tianjin (curba *2*) şi Loansien (curba *3*) indică modificarea formei de variaţie în aceeaşi perioadă.

—cîmpul geomagnetic mediu la Pekin prezintă o creştere de 7nT în mai-iunie 1976, începută în aprilie.

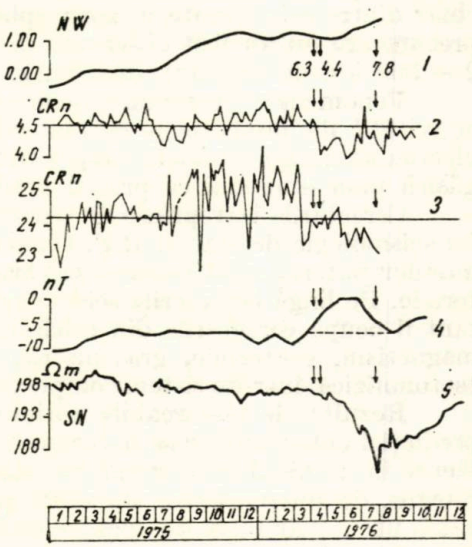


Fig. 10. — Precursori de termen scurt ai cutremurului de la Tangshan (vezi şi textul).

Momentul trecerii de la precursorii de termen mediu la cei de termen scurt s-a corelat cu date de seismicitate. Astfel, după cutremurul de la

Haicheng, din 4 februarie 1975 (care a fost prezis, constituind primul mare succes pe plan mondial al seismologilor chinezi), a urmat o perioadă de calm relativ de 14 luni, pînă în martie 1976, fără nici un cutremur cu magnitudinea mai mare decît 4 în provincia Hepei (în această provincie se află atît Pekin cît şi zona epicentrală Tangshan). Apoi s-au produs două cutremure în zone mai depărtate (Heling, 6.04. 1976, $M = 6{,}6$ S Pekin, 22.04.1976, $M = 4{,}4$) marcate în figura 10, considerate ca rezultat al cîmpului mărit de tensiuni acumulate în întreaga zonă.

D. *Precursori iminenţi*

Precursorii iminenţi au prezentat unele caracteristici care i-au deosebit de alte cazuri, împiedecînd efectuarea unei predicţii iminente corecte, ceea ce a dus la surprinderea populaţiei în locuinţe. Astfel :

— nu au existat preşocuri puternice, în timp ce în cazul Haicheng s-au produs multe preşocuri ;

— fenomenele „macroscopice" au apărut foarte tîrziu (cu două zile înainte), spre deosebire de alte cazuri (la Haicheng variaţiile nivelului apelor din fîntîni, murdărirea apei cu noroi, gaze în apă, au apărut cu 1 — 2 luni înainte). După cutremur s-a constatat că astfel de fenomene s-au observat în 868 puncte, din care 77 % cu două zile înainte. De asemenea, comportamentul anormal al animalelor a fost observat în 2093 de cazuri, din care 70—80 % doar cu o zi înainte de cutremur (la Haicheng astfel de observaţii s-au putut face şi cu 30 zile înainte) ;

— caracterul complicat al precursorilor iminenţi. Astfel : nu s-au observat precursori la toate staţiile (cele mai multe nu au observat nimic, chiar dintre cele situate în zona epicentrală ; cele mai evidente fenomene precursoare nu au fost observate în zona epicentrală, ci la o distanţă de 2 — 300 km de aceasta), distribuţia precursorilor nu a fost uniformă.

Fenomenele prezentate demonstrează complexitatea şi dificultăţile activităţii de predicţie a cutremurelor ca şi necesitatea evidentă de a efectua studii aprofundate asupra tuturor fenomenelor geofizice în vederea găsirii unor anomalii ce preced producerea cutremurelor.

Cercetările întreprinse de sistemul de instituţii din subordinea Biroului seismologic de stat al R.P. Chineze au ca scop final prevederea cutremurelor puternice, în vederea salvării vieţilor omeneşti şi a bunurilor materiale. Pe lîngă cercetările seismologice propriu-zise, un loc foarte important îl ocupă cercetările din celelalte domenii ale fizicii Pămîntului, geomagnetism, geotermie, gravimetrie, georadioactivitate, mişcări crustale, tectonofizică, într-un sistem complex de cercetări.

Rezultatele remarcabile obţinute de specialiştii chinezi în domeniul predicţiei cutremurelor se datoresc unor studii foarte ample şi minuţioase, făcute în decursul multor ani, pe baza măsurătorilor continue efectuate în reţeaua de observatoare standard şi observatoare specializate. Se utilizează un număr mare de aparate de tipuri foarte variate, unele din ele de mare precizie şi sensibilitate, altele cu performanţe destul de modeste. În cercetări este angrenat un personal numeros. S-au folosit, de asemenea, date de observaţie şi informaţii cu caracter macroseismic obţinute de la amatori care colaborează în mod voluntar cu specialiştii, dînd cercetărilor întreprinse un caracter de masă. Activitatea amatorilor are un rol important în micşorarea pagubelor şi pierderilor de vieţi omeneşti prin educarea

pe scară largă a maselor cu privire la cauzele şi efectele cutremurelor de pămînt, la metodele de predicţie.

Din expunerile făcute de specialiştii chinezi asupra mai multor încercări reuşite de predicţie (şi a uneia nereuşite), rezultă următoarele :

— înaintea cutremurelor puternice se preduc fenomene geofizice precursoare de durată lungă, intermediară, scurtă şi iminente ;

— fenomenele precursoare apar uneori cu mulţi ani înainte de cutremur şi se manifestă atît în zona epicentrală cît şi la distanţe mari, ce ating uneori 3 — 400 km de epicentru ;

— semnele precursoare apar sub forma unor variaţii ale unui număr mare de parametri fizici. Aceste variaţii sînt însă, de regulă, foarte mici şi lente, fiind de obicei mascate de variaţii mult mai mari (cu un ordin de mărime uneori), provocate de variaţii de temperatură, presiune, umiditate etc., precum şi de cauze necunoscute.

Variaţia acestor parametri precursori nu este totdeauna aceeaşi, putînd să difere de la o zonă la alta. În acest sens se poate vorbi despre anumite caracteristici particulare ale fiecărui focar. Se observă uneori chiar o comportare contradictorie, neexplicată încă, a anumitor parametri.

Din această cauză, urmărirea variaţiei în timp a unui singur parametru fizic sau al unui număr mic de parametri nu este elocventă, fiind necesară o corelare a urmăririi variaţiei tuturor parametrilor pentru care se observă o dependenţă — sau corelaţie — cu activitatea seismică.

Observaţiile trebuie făcute cu mare precizie şi fineţe, căutînd să se elimine influenţele datorită altor cauze, precum şi efectuarea unor determinări paralele pentru aceeaşi mărime, cu scopul de a elimina datele eronate şi cele influenţate de cauze necunoscute sau variaţiile aleatoare.

Deşi atît în R.P. Chineză cît şi în alte ţări s-au obţinut succese remarcabile în domeniul predicţiei, studiile de acest fel sînt într-un stadiu incipient, rezultatele pozitive fiind sporadice şi neputîndu-se vorbi încă de o metodă de predicţie pusă la punct.

Datorită particularităţilor pe care le are fiecare focar seismic în parte, folosirea experienţei existente în alte ţări este limitată, aceasta dînd doar nişte indicaţii orientative.

Ca urmare, începerea unei activităţi de predicţie în ţara noastră presupune atît folosirea experienţei altor ţări în acest domeniu, cît şi căutarea unor metode de predicţie particulare, adaptate caracteristicilor zonelor seismice din ţara noastră. Acest lucru presupune acumularea unor date de observaţie complexe şi ample, culese dintr-un număr mare de puncte de pe tot teritoriul ţării în decursul multor ani, înainte de a putea face, cu succes, primele încercări de predicţie.

Deşi studiile întreprinse în R.P. Chineză se referă exclusiv la cutremure normale, în urma discuţiilor cu specialiştii chinezi, referitoare la perspectivele predicţiei cutremurelor intermediare — zona Vrancea, există părerea că deşi mai dificilă, predicţia cutremurelor intermediare este posibilă, avînd în vedere că anomaliile fizice care apar înainte de cutremur sînt manifestări de volum ; este de aşteptat ca cel puţin unele din ele să se manifeste la suprafaţă chiar atunci cînd cauza se află la mare adîncime.

Este de aşteptat însă, ca aceste variaţii să fie extrem de mici chiar pentru cutremure foarte puternice, ceea ce face şi mai dificilă sarcina pe care o avem în faţă.

De asemenea, după părerea specialiştilor chinezi, nu trebuie neglijate nici zonele din ţara noastră caracterizate prin cutremure normale slabe, precum şi zonele seismice adiacente ţării noastre.

Într-adevăr, datorită datelor istorice restrînse pe care le avem asupra seismicităţii ţării noastre, nu este exclusă posibilitatea existenţei unor focare care pot da naştere unor cutremure distrugătoare în alte zone ale ţării decît Vrancea sau în zone exterioare ţării noastre dar învecinate. O asemenea posibilitate face necesară supravegherea tuturor acestor zone şi iniţierea unor studii de predicţie care să aibă în vedere întreg teritoriul ţării şi zonele învecinate.

Primit la redacţie
la 30 septembrie 1978

ON SOME ASPECTS OF THE COMPLEX GEOPHYSICAL STUDY OF SEISMIC AREAS IN THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA

(ABSTRACT)

A report is given on the study of seismic areas by complex geophysical methods undertaken in the People's Republic of China. The final aim of the research is the prediction of strong earthquakes in order to prevent life losses and damages. A review of the organization of the research and the equipment is made. The main characteristics of the precursors in the case of two strong earthquakes are given as well.

AL X-LEA SIMPOZION DE GEOFIZICĂ APLICATĂ ŞI FIZICA PĂMÎNTULUI

Conform tradiţiei stabilite cu douăzeci de ani în urmă de a se reuni periodic pentru a trece în revistă realizările recente cele mai semnificative din domeniul lor de activitate, geofizicienii români au organizat — în zilele de 28—30 noiembrie 1978 — al X-lea Simpozion de geofizică aplicată şi fizica Pămîntului. Lucrările Simpozionului — inaugurate în aula rectoratului Universităţii din Bucureşti şi continuate în sălile facultăţii de geologie tehnică — s-au desfăşurat în paralel pe trei secţii : *a*) cercetări geofizice pentru hidrocarburi ; *b*) cercetări geofizice pentru substanţe minerale solide ; *c*) fizica Pămîntului.

În cele ce urmează redăm cuvîntul introductiv al acad. prof. Sabba Ştefănescu, preşedintele Comitetului naţional de geodezie şi geofizică, cuvîntarea reprezentantului Min. M.M.P.G., directorul general ing. I. Folea şi a reprezentantului Institutului de fizică Bucureşti, directorul general ing. M. Ivaşcu.

Stimaţi tovarăşi,

În cadrul măreţului efort colectiv depus de poporul nostru în cursul actualului plan cincinal pentru a realiza un salt calitativ în domeniul ştiinţei şi tehnologiei, al X-lea Simpozion de geofizică aplicată şi fizica Pămîntului, pe care îl inaugurăm astăzi, constituie un eveniment care impune o atenţie deosebită. Permanent legate de problemele de ordin practic şi ştiinţific ridicate de interesele superioare ale economiei naţionale, Simpozioanele noastre — întrunite cu regularitate în decursul ultimilor 20 de ani — au permis să prezentăm ţării, de fiecare dată, o imagine sintetică asupra modului în care cei angajaţi în cercetarea geofizică răspund la solicitările tot mai stringente în domeniul descoperirii de noi zăcăminte de substanţe minerale utile. Întrunirile noastre au acordat de asemenea însemnătatea cuvenită cercetărilor teoretice şi pur ştiinţifice, care au constituit adesea importante deschideri către aplicaţiuni practice nebănuite. Păstrînd în întregime toate aceste preocupări, Simpozionul nostru de astăzi — al X-lea — îşi propune a aborda în plus — ca urmare a unui eveniment catastrofal binecunoscut de toţi — studiul gravelor probleme ridicate de seisme pentru securitatea populaţiei şi construcţiilor de pe întreg teritoriul R.S.R.

Nu avem posibilitatea, în cadrul restrîns al cuvîntului nostru introductiv, să trecem în revistă, chiar în mod succint, etapele dezvoltării cercetării geofizice româneşti în aceşti ultimi 20 de ani. O asemenea privire retrospectivă a fost de altfel realizată practic cu trei ani în urmă în cadrul Academiei R.S. România, cu prilejul împlinirii a 50 de ani de la crearea Secţiei de prospecţiuni a Institutului geologic, prima organizaţie de stat pentru geofizică aplicată. La ritmul accelerat actual al dezvoltării tehnice mondiale, o perioadă de 20 de ani constituie totuşi un interval de timp sufi-

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 1, P. 131—151, BUCUREŞTI, 1979

cient de lung pentru a permite formularea unor concluzii provizorii de ordin general pe care le vom prezenta succint în cele ce urmează.

În primul rînd se poate afirma că, datorită sprijinului permanent de care s-a bucurat din partea autorităților de Partid și de Stat, geofizica aplicată a atins în țara noastră o stare de maturitate care îi permite să concureze la egalitate cu oricare din țările străine. Înzestrată cu aparatură de teren modernă și cu mijloace de calcul electronic în curs rapid de completare, dispunînd de un învățămînt superior corespunzător, geofizica românească poate face față din punct de vedere calitativ oricăror probleme de prospecțiune la un standard operativ internațional. Remediind unele deficiențe tehnico-administrative încă existente, realizînd unele cursuri post-universitare de reciclare la standardul de informație cel mai înaintat și înzestrată cu o bază mai puternică de aparatură și personal, credem că potențialul competitiv al geofizicii noastre s-ar putea ridica la un nivel încă mai înalt.

În al doilea rînd se poate observa că — la fel ca în domeniul geologiei de suprafață — teritoriul țării noastre, în urma unor cercetări care durează de aproape 30 de ani, este astăzi în trăsături mari destul de bine cartat din punct de vedere geofizic. În acest domeniu, rezultate spectaculoase nu par a mai fi de așteptat decît de la seismometria de mare adîncime. Cercetări geofizice de detaliu, vizînd adîncimi de investigație mai mari sau precizări de amănunte care au scăpat cercetărilor anterioare rămîn încă pentru multă vreme susceptibile de a furniza rezultate economice din cele mai interesante.

În al treilea rînd, se poate afirma că experiența geofizică din acești ultimi 20 de ani a conturat din ce în ce mai bine posibilitățile și în special limitările metodelor geofizice. Nedeterminarea teoretică fundamentală a extrapolării datelor geofizice de suprafață către interiorul Pămîntului, nedeterminare semnalată mai întîi de matematicieni și cunoscută astăzi de toți geofizicienii, impune limitări serioase tuturor interpretărilor noastre de detaliu. Această nedeterminare a adus din nou pe prim plan modelarea fizico-matematică a cîmpurilor fizice în interiorul și exteriorul mediilor eterogene, modelare care face apel atît la intuiția geologică cît și la o bună cunoaștere a parametrilor fizici ai rocilor. Desigur, metoda modelării, cunoscută încă de la începuturile prospecțiunilor geofizice, nu a putut lua o largă extensiune decît relativ recent, datorită imenselor posibilități de calcul numeric oferite de ordinatoarele electronice moderne.

În sfîrșit, se poate observa că, dacă geofizica aplicată s-a menținut permanent în atenția generală prin implicațiile ei în aprovizionarea cu materii prime minerale a țării, fizica Pămîntului — reprezentată în primul rînd prin seismologie — a atras atenția și și-a manifestat în ultimii douăzeci de ani importanța practică în special prin un singur eveniment, însă de însemnătate covîrșitoare: cutremurul de pămînt de la 4 martie 1977. Efectele dezastruoase ale unor asemenea evenimente, relativ rare însă catastrofale, justifică pe deplin crearea recentă a unui centru de seismologie și fizica Pămîntului, menit să studieze sub toate aspectele seismicitatea țării noastre și să stabilească concluzii corespunzătoare pentru asigurarea securității populației și economiei naționale. În acest scop, noul institut va dispune de o rețea de stații seismologice din cele mai bine înzestrate pe plan internațional.

Stimaţi tovarăşi,

În cei doi ani care s-au scurs de la ultima noastră întîlnire, geofizica românească a suferit grele pierderi printre cei mai buni dintre promotorii şi colaboratorii ei.

Ne-a părăsit pentru totdeauna prof. Iulian Gavăt, membru corespondent al Academiei R.S. România, iniţiatorul prospecţiunii gravimetrice româneşti, iniţiatorul şi coautorul unor valoroase tratate de interpretare a datelor geofizice şi de geologia petrolului. A fost ani îndelungaţi titularul catedrei de geologie a zăcămintelor de hidrocarburi în fostul Institut de petrol, gaze şi geologie din Bucureşti, catedră pe care a ilustrat-o prin competenţa sa recunoscută şi în afara graniţelor ţării.

Cutremurul din 4 martie 1977 a rupt firul vieţii ing. Ion Vencov, organizator eminent şi conducător ani îndelungaţi al Serviciului de prospecţiuni geofizice în Intreprinderea geologică de prospecţiuni a fostului Comitet geologic al României. În calitate de specialist în domeniul seismometriei Ion Vencov a iniţiat şi condus cu remarcabil succes primele prospecţiuni seismice efectuate de organizaţiile de stat după naţionalizarea industriei extractive din 1948.

Ne-a părăsit de asemenea pentru totdeauna ing. Nicolae Coman, fost inginer şef la Intreprinderea de carotaje şi perforări Ploieşti.

În amintirea acelora care cu atîta hărnicie şi devotament au slujit prin activitatea lor ştiinţifică şi tehnică interesele superioare ale ţării, propun păstrarea unui minut de reculegere.

★

Activitatea geofizică depusă pe multiple planuri — în intervalul de timp trecut de la precedentul Simpozion — urmează a fi reflectată în cele peste 80 de comunicări anunţate în programul nostru. Aceste comunicări, dat fiind marele lor număr, se vor desfăşura în şedinţe paralele organizate pe trei categorii majore: 1) Cercetări geofizice pentru hidrocarburi; 2) Cercetări geofizice pentru substanţe minerale solide; 3) Fizica Pămîntului.

Vom spune cîteva cuvinte asupra subiectelor care ni s-au părut deosebit de semnificative, urmînd ca altele — poate şi mai interesante — să se releveze în decursul expunerilor.

În domeniul cercetărilor geofizice pentru *hidrocarburi*, consemnăm şi la acest Simpozion, printre cele 18 comunicări referitoare la metodele seismice, numeroase şi importante inovaţii atît în tehnologia şi metodica de lucru pe teren cît şi în procedeele de interpretare, în continuă diversificare şi complexare. Astfel, în cadrul noutăţilor tehnologiei de teren ni se va prezenta utilizarea în R.S. România a metodei Vibroseis, a înregistrărilor tridimensionale pe profil lat, a profilărilor verticale şi a metodei Geoflex.

Dezvoltări teoretice de mare actualitate în prospecţiunea seismică, ca cele privitoare la analiza numerică de frecvenţă şi filtrarea mono- şi bidimensională a datelor, migrarea recursivă a secţiunilor de timp, analiza Hilbert a datelor seismice şi deconvoluţia lor adaptivă de entropie maximă şi altele, vor ilustra eforturile continue pe care le depun geofizicienii noştri pentru a se situa cu metodologia interpretării la un foarte bun nivel internaţional.

Activitatea geofizică românească în afara granițelor țării, atît de utilă intereselor economiei noastre naționale, va fi exemplificată prin relatarea unei prospecțiuni seismice pentru petrol, executată în Siria.

În domeniul carotajului geofizic, tehnică de însemnătate maximă pentru industria petrolului, vom observa existența a șase comunicări de specialitate, și importante contribuții referitoare la diagrafiile terenurilor sedimentare în variate condiții tectonice și stratigrafice.

Trecînd la cercetările geofizice pentru *substanțe minerale solide* — înscrise cu 29 comunicări, avem de consemnat prezența în acest domeniu a tuturor metodelor geofizice clasice — cu o predominanță clară a celor radiometrice, aplicate în formele cele mai variate.

Metodele gravimetrice ne vor înfățișa succesele obținute în descifrarea unor structuri geologice în Munții Apuseni de Nord, în bazinul Iara și în Munții Căliman. Ele vor face de asemenea obiectul expunerii unor proceduri de îmbunătățire a interpretării în cazul unor terenuri foarte accidentate, precum și a unei lucrări de sinteză asupra perspectivelor de aplicare a gravimetriei la descoperirea de substanțe minerale utile. Metodele magnetometrice vor comunica rezultate obținute fie prin măsurători de tip clasic — cazul bauxitelor din Munții Pădurea Craiului — fie prin sondaje geomagnetice sau studiul proprietăților petrofizice ale rocilor — cazul structurilor geologice din Carpații Orientali și din bazinul Iara-Cluj.

Electrometria va fi reprezentată prin lucrări de teren în paralel cu interesante studii teoretice. Astfel, vom lua cunoștință de prime rezultate obținute cu metoda curenților tranzitorii — relativ recent introdusă în țara noastră — precum și de noi perspective în interpretarea anomaliilor de polarizare indusă — la minereuri — și de curenți telurici — în problemele structurale. Vom consemna, de asemenea, noi rezultate în modelarea matematică a prospecțiunilor electrice.

Metodele seismice — deși încă puțin utilizate în prospecțiunea minereurilor — au aflat totuși o aplicație interesantă în cartarea bauxitelor din Pădurea Craiului.

Precum am amintit, prospecțiunile radiometrice sînt deosebit de bine reprezentate la Simpozionul nostru — prin 12 comunicări referitoare atît la prospecțiuni de suprafață, cu aparatură convențională, cît și la ridicări radiometrice aeropurtate, la analize radiometrice in situ — la suprafață sau în subteran —, în găuri de sondă sau pe probe de roci. Această susținută activitate de cercetare radiometrică este deosebit de bine venită într-o epocă în care, în România ca și în alte țări, o atenție tot mai mare este acordată dezvoltării surselor energetice nucleare.

Cea mai modernă dintre metodele geofizice — teledetecția — va constitui de asemenea obiectul unei comunicări. În sfîrșit, trei lucrări de ordin general vor ilustra unele din multiplele aspecte sub care calculatorul electronic a devenit un foarte important auxiliar în cercetarea geofizică pentru substanțe minerale solide.

Trecînd la problemele *fizicii Pămîntului*, constatăm că — în urma seismului catastrofal de anul trecut, ele au cucerit o atențiune majoră în geofizica românească, fiind reprezentate în Simpozionul nostru prin 34 comunicări, dintre care o majoritate — 26 — privesc geodinamica teritoriului național; celelalte 8 sînt referitoare — cîte două — la cîmpul mag-

netic general, la fluxul termic, datări geocronologice și unele probleme speciale.

În cele 11 comunicări consacrate exclusiv cutremurului din 4 martie 1977 sînt examinate și comentate sub toate aspectele fenomenele observate în legătură cu evoluția acestuia, precum și unele deducții fizico-matematice care se sprijină pe materialul faptic observat pentru a clarifica — într-o anumită măsură — geneza seismului. Alte 5 comunicări comentează particularitățile comune cutremurelor vrîncene puternice. În sfîrșit, geodinamica generală a teritoriului R.S. România este studiată atît prin lucrări de sinteză — în cadrul mai vast al dinamicii globului terestru — cît și prin lucrări cu caracter experimental, cum sînt cele referitoare la mareele terestre sau la supravegherea seismică a barajelor.

Alte comunicări interesante vor fi cele referitoare la cîmpul magnetic terestru, studiat local prin procedee paleomagnetice, sau general — prin linii isopore — pentru precizarea variației lui seculare. Vom audia de asemenea două comunicări privitoare la fluxul termic și la relațiile lui cu activitatea hidrotermală și cu anumite situații tectonice din R. S. România.

Determinări geocronologice bazate pe dezintegrări radioactive vor fi prezentate pentru anumite roci eruptive și metamorfice din Carpații Meridionali și pentru unele mineralizații de uraniu din România. Vom avea și patru comunicări cu un caracter mai aparte : una de tip biofizic intitulată *Asupra variației în timp a stării de eforturi în zona unor fracturi geologice*, variații evaluate cu ajutorul baghetei unghiulare ; o a doua de fizică cosmică : *Asupra proprietăților fizice ale unor meteoriți* ; în sfîrșit, alte două — teoretice — de geofizică planetară intitulate *Plăci sferice și orogeneza gravitațională* și *Studiul oscilațiilor toroidale ale unui Pămînt cu nucleu moale.*

Stimați tovarăși,

În munca pe care noi geofizicienii o susținem pentru a face față marilor sarcini care ne sînt încredințate, întîmpinăm uneori greutăți de ordin material sau profesional, pe care întîlnirile colegiale și prietenești avute cu regularitate de 20 de ani încoace, ne ajută să le înțelegem și să le biruim. Privind în urmă ca unul din cei mai vîrstnici dintre dvs., care a asistat la creșterea în proporții nebănuite a științelor geofizice în țara noastră și pe plan mondial, dați-mi voie să fac o declarație de credință în viitorul strălucit al acestor științe, produs minunat al gîndirii omenești.

În numele Secției de Științe Geologice, Geofizice și Geografice a Academiei Republicii Socialiste România și al Comitetului Național român de geodezie și geofizică, declar deschis al X-lea Simpozion de geofizică aplicată și fizica Pămîntului și urez lucrărilor lui cel mai strălucit și desăvîrșit succes.

acad. prof. Sabba Ștefănescu

Stimați tovarăși,

Al X-lea simpozion de geofizică aplicată și fizica Pămîntului reprezintă un moment de bilanț pentru activitatea de cercetare și prospecțiune geofizică desfășurată, în ultimii doi ani, în țara noastră. Lucrările ce vor

fi prezentate ilustrează principalele rezultate obținute într-un domeniu larg de preocupări, oferind în acest mod o bună ocazie de informare și schimb de experiență.

Este bine cunoscut faptul că problema descoperirii de noi resurse minerale și a lărgirii bazei de materii prime reprezintă o necesitate stringentă pentru economia națională în etapa actuală, fiind una din preocupările majore ale Conducerii superioare de partid și de stat.

Din experiența acumulată în ultimii ani prin utilizarea metodelor moderne de cercetare a subsolului, a rezultat că metodelor de cercetare geofizică le revine un rol din ce în ce mai important. Astăzi, cînd se urmărește descoperirea unor acumulări de substanțe minerale utile la adîncimi din ce în ce mai mari, în condiții geologice complicate, metodele geofizice reprezintă posibilitatea indirectă cea mai eficientă de investigare a structurii ascunse.

Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei, în unitățile căruia își desfășoară activitatea majoritatea geofizicienilor din țară, cunoscînd importanța deosebită și eficiența metodelor geofizice, urmărește intensificarea și diversificarea activității de cercetare și de prospecțiune. Rezultatele științifice și aplicative din ultimii ani, la a căror obținere un rol esențial a revenit metodelor geofizice, sînt o garanție a succeselor viitoare. În acest context este suficient să menționăm aportul adus de prospecțiunile seismometrice la investigarea structurilor favorabile acumulărilor de hidrocarburi, de cercetările și prospecțiunile complexe din M. Metaliferi pentru localizarea acumulărilor de minereuri neferoase și a celor din Depresiunea Panonică pentru ape termale. Au fost introduse noi metode, metodologii și tehnici de investigare a subsolului, care au permis creșterea eficienței lucrărilor de prospecțiune și orientarea mai judicioasă a lucrărilor în etapa de explorare sau chiar în cea de exploatare.

Pentru mărirea posibilităților de investigare a structurii geologice ascunse, la trepte de adîncime din ce în ce mari mari, se impune perfecționarea continuă a aparaturii geofizice printr-o dotare adecvată. Este demn de relevat că în ultimul timp, datorită eforturilor depuse de specialiști din cadrul unităților ministerului, au fost realizate și reproduse în serie mică o serie de aparate și utilaje, cu performanțe similare celor procurate din import (magnetometre protonice, rezistivimetre digitale, geotermometre, susceptibilimetre etc.). În același timp se impune și perfecționarea metodelor de prelucrare și interpretare a datelor prin procedee de calcul automat, studii petrofizice de teren și laborator și complexarea sau integrarea cercetărilor geofizice cu cele geologice și geochimice.

În perspectiva imediată se prevede acordarea unei ponderi mai mari aplicării lucrărilor geofizice în domeniul marin, a unor tehnici geofizice moderne în subteran și a procedeelor de teledetecție pentru cercetări structurale.

Ținînd seama de potențialul de cadre actual și în perspectivă, de rezultatele și experiența acumulată, Ministerul Minelor, Petrolului și Geologiei își exprimă convingerea că toți specialiștii geofizicieni, dintre care o parte sînt prezenți la această manifestare științifică, vor aduce o contribuție sporită la rezolvarea importantelor sarcini trasate de Conducerea de Partid și de Stat, personal de tovarășul Nicolae Ceaușescu, secretarul general al Partidului Comunist Român.

În numele Conducerii Ministerului Minelor, Petrolului și Geologiei, permiteți-mi să urez lucrărilor simpozionului de prospecțiuni geofizice și fizica scoarței globului, succes deplin.

Ing. I. Folea

Stimate tovarășe și stimați tovarăși,

Vă rog să-mi permiteți să încep prin a îndeplini plăcuta și cea mai importantă sarcină pe care o am și anume aceea de a vă transmite salutul și urările de succes deplin din partea conducerii Comitetului de Stat pentru Energia Nucleară, a Consiliului științific al Institutului central de fizică, a tuturor specialiștilor din domeniul fizicii.

Desigur că participarea mea la cel de-al X-lea Simpozion de Geofizică Aplicată și Fizica Pământului nu este numai un act de simpatie, ci și o expresie a interesului pe care domeniul nostru îl are în lucrările care se vor prezenta în acest cadru.

Am în primul rînd în vedere acele preocupări izvorîte din extinderea și aplicarea tehnicilor și tehnologiilor nucleare în diversificarea, modernizarea și creșterea eficienței cercetărilor de geofizică. Din acest punct de vedere cred că neintroducerea în cadrul lucrărilor a unui referat de sinteză pe această problemă, reprezintă o lipsă pe care va trebui să o îndepărtăm printr-un efort comun al specialiștilor noștri.

Dezbaterea prognozei de fizică, care va avea loc în curînd în cadrul Biroului executiv al Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie poate constitui un astfel de prilej.

Un al doilea motiv al interesului nostru îl constituie crearea, pe baza Decretului nr. 6 din 1977, a Centrului de fizica Pământului și seismologie (CFPS) ca unitate componentă a Institutului central de fizică.

Lăsînd geologiei și geofizicii satisfacția de a pune în evidență alte comori ale subsolului patriei noastre, CFPS a trecut la rezolvarea sarcinilor care i-au fost atribuite și anume :

a) Să asigure veghea seismică a teritoriului R.S. România :

b) Să alcătuiască zonarea seismică și să stabilească amplasamentele obiectivelor de importanță deosebită ;

c) Să efectueze cercetări care să conducă în final la prevenirea și prevederea cutremurelor de pămînt pe suprafața țării noastre.

Aș dori, de altfel, să vă informez că prin alcătuirea unui studiu de profil și dezvoltare și a unui program de cercetare, CFPS și-a stabilit obiectivele și orientările principale de cercetare pînă la nivelul anului 2 000 (2010).

Introducerea centrului în cadrul cercetării și ingineriei tehnologice de fizică a constituit o măsură reciproc avantajoasă care, așa cum se poate vedea și din unele lucrări din programul prezentului Simpozion, a început să se exprime prin folosirea holografiei, a laserilor și a tehnicilor nucleare în abordarea cercetărilor de seismologie și fizica pământului.

Cu toate cele menționate mai sus, trebuie să subliniez că CFPS se află încă în etapa rezolvării unor probleme curente, deosebit de importante. În acest sens am în vedere :

a) Delimitarea precisă a obiectivelor și conținutului activității sale.

b) Corelarea cu preocuparea celorlalte unități, astfel încît să se asigure acoperirea tuturor aspectelor majore, de geofizică, seismologie și fizica pămîntului, de interes și actualitate pentru economia națională și viața socială.

c) Orientarea și desfășurarea activității CFPS astfel încît să fie în mod evident eficientă, utilă și rentabilă.

Am dorit să subliniez aceste aspecte pentru că doresc să le luați în considerare atunci cînd veți dezbate lucrările prezentate de specialiștii noștri.

Este un motiv în plus să așteptăm cu emoție aprecierile dv.

Avînd în vedere tot ce am spus pînă acum cred că, în încheiere, trebuie nu numai să repet urarea caldă de succes, ci și să exprim dorința fierbinte ca lucrările acestui Simpozion să constituie o importantă pîrghie în realizarea indicațiilor, obiectivelor și sarcinilor pe care conducerea Partidului și Statului nostru, președintele țării, tovarășul Nicolae Ceaușescu le-a pus în fața acestei ramuri a științei în etapa actuală.

M. Ivașcu

Ședința de deschidere

28 noiembrie 1978 ora 10

Prezidează academician SABBA ȘTEFĂNESCU

Cuvîntări de salut

— R. BOTEZATU : *30 de ani de învățămînt ingineresc de geofizică în România.*

— I. CORNEA : *Stadiul actual și perspectivele cercetărilor de geodinamică, cu referire specială la teritoriul R. S. România.*

Se face o prezentare a preocupărior existente la ora actuală pe plan mondial în cercetările de geodinamică.

Se insistă asupra realizărilor mai importante în studiile de structură profundă a Europei și se face o prezentare detaliată a celor mai noi rezultate obținute prin cercetări geodinamice complexe pe teritoriul R. S. România.

În încheiere se schițează modul în care va fi dezvoltată rețeaua de observații geodinamice în țara noastră.

— V. VĂRODIN, G. IONESCU, V. BURUIANĂ, C. PETRE : *Aspecte ale aplicării profilării verticale în țara noastră.*

Prin dispunerea dispozitivului de înregistrare seismică pe verticală (într-o gaură de sondă), se obține o reprezentare a tabloului de unde deosebită de cea obținută prin dispunerea dispozitivului la suprafața terenului în lungul unei anumite linii.

Specificitatea acestor tipuri de înregistrări permite punerea în evidență a unor caracteristici seismologice de prim interes pentru abordarea în profunzime a prospecțiunii seismice.

În lucrare se prezintă un mod original de înregistrare și rezultatele obținute în anumite zone din țară.

— M. SUCEAVĂ : *Stadiul actual și perspective ale prospecțiunii gravimetrice pentru substanțe minerale utile.*

În lucrare se prezintă atît stadiul actual al utilizării gravimetriei pentru prospectarea substanțelor minerale utile, ca rezultat al evoluției acestei activități condiționate de ridicarea permanentă a calității măsurătorilor și a gradului de prelucrare fizico-matematică a datelor primare, de trecerea de la interpretarea calitativă la cea cantitativă, cît și perspectivelor de viitor.

Pentru sublinierea contribuției prospecțiunii gravimetrice la localizarea sectoarelor de perspectivă pentru substanțe minerale utile și în cazuri favorabile chiar a unor astfel de zăcăminte, sînt trecute în revistă rezultatele mai importante obținute pînă în prezent și sînt date exemple semnificative concrete.

SECȚIA 1. CERCETĂRI GEOFIZICE PENTRU HIDROCARBURI

28 noiembrie 1978, ora 16

Prezidează prof. RADU BOTEZATU, membru corespondent al Academiei R. S România

— V. CHIȘCAN, MARCELA COSTESCU, G. IONESCU, V. VARODIN : *Înregistrări bidimensionale prin tehnica profilului lat în R. S. România*

Lucrarea prezintă bazele teoretice ale tehnologiei de prospecțiuni seismice tridimensionale cunoscută sub numele de profil lat.

Se prezintă tehnologia de teren și aplicată în R.S.R. în Depresiunea Getică, tehnologiile de prelucrare a materialului de teren precum și principalele rezultate obținute.

— N. IONESCU : *Cercetarea paleoreliefurilor prin seismometri. Realizări și perspective în R. S. România.*

Sînt analizate unele rezultate privind cercetarea paleoreliefurilor în diferite unități structurale din R.S. România. Exemplificările se referă la relieful fundamentului din Platforma Moesică, Depresiunea Panonică, Depresiunea Transilvaniei, Platforma Moldovenească și Promontoriul nord-dobrogean, relieful preterțiar din Platforma Moesică și Depresiunea Panonică, relieful presarmațian din Depresiunea getică etc.

În final sînt comentate perspectivele rezolvării problemelor legate de cercetarea prin seismometrie a paleoreliefurilor — în special din țara noastră — ținînd seama de evoluția tehnologiilor moderne de înregistrare, prelucrare și intepretare a datelor.

— S. SPÂNOCHE : *Contribuții la stabilirea unei funcții generale de viteze pentru secțiunea sedimentară din Bazinul Transilvaniei.*

Pe baza unei analize statistice efectuată pe calculator pentru 64 curbe timp-adîncime, obținute din carotaje seismice, s-a determinat relația de tip $t = z/v - a_r z^r$, valabilă pentru toate formațiunile terțiare ; din aceasta a fost dedusă funcția de viteză respectivă.

Rezultatele obținute arată că peste 75% din valoarea vitezei corespunzătoare unei adîncimi date se datorează presiunii exercitate de sedimentele acoperitoare. Pînă la adîncimea de 1500 m curbele viteză-adîncime, pentru gresii, nisipuri și marne, nu arată că ar fi posibilă corelarea între o anume formațiune și viteza undelor seismice. La adîncimi mai mari se observă însă unele diferențieri în viteze, funcție de litologie, demonstrînd că repartiția de viteze nu este un fenomen nesesizabil și că ea poate fi utilizată în predicții litologice și geologice.

— V. STEINBERG, N. BELU : *Aspecte din modelarea seismică tridimensională.*

Unele dezvoltări ale tehnicilor folosite în exploatarea seismică violează ipotezele fundamentale ale metodei și au consecințe potențial serioase în interpretare, conducînd la geometrii false.

Scopul lucrării este de a dezvolta un procedeu matematic pentru a prezice răspunsul la energia de la o sursă punctuală care acționează într-un model seismic tridimensional de formă arbitrară. Rezultatul lucrării este de valoare practică pentru interpretarea seismică și poate clarifica unele aspecte ce apar în mod obișnuit în înregistrările seismice.

— V. BARDAN : *Analiza numerică de frecvență și prelucrarea datelor seismice prin filtrare mono- și bidimensională.*

Se prezintă unele rezultate obținute în evaluarea numerică a spectrelor zgomotului și semnalului seismic în vederea stabilirii parametrilor optimi de filtrare, precum și unii algoritmi de realizare numerică a filtrării de frecvență mono și bidimensională.

— C. CALOENESCU, N. MOLDOVEANU : *Analiza Hilbert a datelor seismice.*

Lucrarea tratează aspecte teoretice legate de transformata Hilbert, semnal analitic și aspecte practice ale utlizării acestora în prelucrarea și interpretarea datelor seismice. Sînt prezentate o serie de exemple de analiză Hilbert a unor secțiuni seismice ce dovedesc posibilitatea folosirii acestora atît în interpretarea stratigrafică cît și în cea structurală.

— C. POPESCU : *Filtre multicanal pentru atenuarea zgomotului neorganizat și compensarea energiei componentelor cu frecvență înaltă din spectrul bidimensional al seismogramelor.*

Lucrarea constituie o aplicație a transformatei Fourier bidimensionale în domeniul prelucrării multicanal a datelor seismice.

Atenuarea componentelor de frecvență înaltă din spectrul semnalelor în procesul de propagare, conduce la o scădere a gradului de rezoluție a lucrărilor seismice.

Compensarea acestor pierderi în procesul de prelucrare a datelor poate fi realizată prin aplicarea unui filtru multicanal autoadaptiv, avînd o caracteristică de transfer dată de inversul spectrului mediu de aplitudine al traselor seismogramei.

— V. Cucu, T. Suciu, C. Popescu, S. Ciobotariu, Suzana Bogdan : *Prospecțiuni seismice executate de IPGGH în NE Siriei.*

În lucrare se face un rezumat al raportului final privind prospecțiunea seismică executată de IPGGH—Rompetrol în NE Siriei, pe perioada anilor 1975—1977.

Prelucrarea datelor s-a făcut la Centrul de Calcul IPGGH utilizînd programe de prelucrare de înalt nivel tehnic.

Rezultatele sînt concretizate sub formă de hărți cu izocrone și secțiuni seismice, dintre care se anexează cele mai reprezentative.

29 noiembrie 1978, ora 9

— V. Varodin, S. Ionescu, F. Stefănescu, S. Ciubotaru : *Lucrări seismice prin metoda Geoflex în Depresiunea Panonică.*

Lucrarea prezintă rezultatele seismice obținute în urma lucrărilor executate în Depresiunea Panonică prin utilizarea cordonului detonant ca sursă de energie.

Se arată conceptul teoretic care stă la baza folosirii cordonului detonant ca sursă de energie și influență asupra semnalului util al diferitelor configurații ale punctului de împușcare în condițiile înregistrării cu mai multe tipuri de grupări de geofoni.

Se dau exemple de secțiuni seismice obținute prin această tehnică.

— St. Colban, C. Popescu, Maria Chiscan, R. Gaspar, D. Toma : *Prospecțiuni seismice prin aplicarea tehnicii Vibroseis în R.S. România.*

Lucrarea cuprinde aspecte ale aplicării tehnicii VIBROSEIS în prospecțiunile seismice pentru hidrocarburi în R. S. România.

Se face apoi o analiză a metodicilor de lucru în teren funcție de obiectul geologic urmărit : ordin de acoperire, distanță între canale, offset, durata sweepului, banda de frecvențe, filtre utilizate, durata înregistrării, grupări de geofoni și sweepuri etc.

Capitolul de prelucrare cuprinde particularități ale prelucrării materialului seismic obținut prin tehnica VIBROSEIS : analize de autocorelație, retrocorelație, operatori de deconvoluție, analize de viteze, însumări, teste de filtrare etc.

— M. Cristea : *Asupra alegerii unui model de mediu cu absorbție adecvat prospecțiunii seismice.*

Dintre numeroasele modele de mediu cu absorbție, unele sînt adecvate anumitor materiale, altele altora.

Ținîndu-se cont de particularitățile metodei și de criteriile care există în acest sens în literatură, lucrarea menționează modelele de mediu cu absorbție, adecvate prospecțiunii seismice.

— C. Caloenescu, N. Moldoveanu : *Deconvoluția adaptivă de entropie maximă.*

Metodele de deconvoluție adaptive, sau variabile în timp constau din estimarea autocorelării din date, determinarea operatorului de deconvoluție din sistemul de ecuații normale și aplicarea acestuia. În 1977 L. J. Griffiths introduce o metodă în care se calculează un operator de predicție liniar ce se adaptează continuu, la fiecare eșantion, folosind un algoritm adaptiv (GLP).

Lucrarea prezintă o metodă adaptivă în care coeficienții operatorului sînt calculați pe baza unui criteriu de maximizare a entropiei (GME). Sînt date o serie de exemple realizate atît cu metoda de deconvoluție clasică, cît și cu metodele GLP și GME.

— A. Babskow, R. Bardan, N. Alexandrescu : *Contribuții la înregistrarea și prelucrarea diagrafiei de rezistivitate focalizată.*

Una din metodele de bază în determinarea rezistivității reale a colectoarelor, în scopul determinării conținutului acestora o reprezintă diagrafia de rezistivitate, obținută cu dispozitivul cunoscut sub numele de laterolog.

A fost realizat un nou tip de dispozitiv cu o aparatură de suprafață tranzistorizată, avînd ca element de generare a curentului de focalizare un tiristor, obținîndu-se în condiții extreme, o variație a raportului dintre cei doi curenți de la 0,2 la 1 000.

Se modelează răspunsul dispozitivului focalizat în medii cu distribuție „alfa" a rezistivității, în scopul determinării proprietăților de focalizare a acestora.

— V. Negoiță : *Contribuții privind determinarea parametrilor petrofizici ai rocilor carbonatice din Platforma Moesică cu ajutorul metodelor geofizice de sondă.*

Lucrarea prezintă rezultatele unui studiu complex de analize pe carote și prelucrări ale diagrafiilor de sondă efectuate pe un număr de 400 strate colectoare.

Sînt exemplificate dependențe dintre rezistivitatea electrică a rocilor, porozitate, factor de formație, tortozitate și exponent de cimentare, cu ajutorul cărora au fost tipizate 15 tipuri de roci colectoare carbonatice din Platforma Moesică.

— Gh. Covrig : *Contribuții la cercetarea formațiunilor colectoare de hidrocarburi prin metoda gazcromatografiei de sondă.*

— V. Chișcan : *Ctmpul elastic generat de o sursă liniară, finită, retardată uniform.*

29 noiembrie 1978 ora 16

— V. Negoiță : *Stadiul investigării geofizice a sondelor sub aspect tehnic și economic, după 10 ani de utilizare a metodei D.R.R.*

Lucrarea prezintă stadiul la care a ajuns investigarea geofizică a sondelor cu ajutorul metodei românești D.R.R.

Sînt prezentate aspectele legate de aparatură, tehnologia investigării, prelucrarea informației geofizice obținute cu această metodă și interpretarea rezultatelor.

Efectele economice obținute prin aplicarea acestei metode după 10 ani de utilizare pe toate șantierele de hidrocarburi din țară încheie lucrarea.

— I. Savu, Silvia Mihai : *Metodă și programe de interpretare și prelucrare automată a diagrafiei în colectoare cu litologie complexă.*

— N. Caliniac, I. Tohăneanu : *Contribuții privind tehnica realizării metodelor de similitudine pentru calibrarea diagrafiei radioactive.*

— I. Trîmbițaș, D. Ghergu, E. Dănănău : *Generarea —parametrul de bază în etapa de teren „prospecțiuni seismice".*

În lucrare este dată o soluție practică de calcul a generării în funcție de litologia, vitezele și grosimile stratelor superficiale. În condițiile în care acești parametri variază rapid în lungul profilului, este nevoie să se facă experiențe pentru stabilirea generării în mai multe puncte de pe profil.

Prin metoda de calcul dată în lucrare se evită cheltuielile făcute prin programe experimentale. Calculul generării se face la fiecare punct de împușcare. Abaterile de la soluția exactă a generării se pot estima prin măsurători efectuate pe înregistrările normale de pe profil.

— G. Ionescu : *Aspecte economice ale prospecțiunii seismice.*

Pentru oricare dintre procedeele seismice aplicate, măsurătoarea înglobează în ea atît informația geologică cît și efortul material și uman necesar obținerii acestei informații.

Se arată că măsurătoarea fizică reprezintă baza oricăror aprecieri privind calitatea informațiilor geologice și eficiența economică a lucrărilor seismice.

Sînt indicate căile de creștere a cantității de informații din înregistrările seismice și căile de ridicare a costului acestor înregistrări.

— V. Bardan : *Migrarea recursivă a secțiunilor seismice de timp.*

În ultimul timp au apărut algoritmi ce se bazează pe formularea matematică a migrării ca soluție a ecuației undelor (formulare datorită lui Cleorbaut). Un astfel de algoritm (recursiv în sensul că secțiunea seismică inițială este transformată succesiv, de mai multe ori, pînă se ajunge la secțiunea migrată) a fost obținut plecînd de la formularea clasică a migrării. Se scot în evidență unele avantaje ale acestui algoritm, avantaje ce rezultă din forma sa recursivă și din modul simplu de obținere.

— V. Chișcan : *Zone Fresnel în prospecțiunea seismică.*

SECȚIA 2. CERCETĂRI GEOFIZICE PENTRU SUBSTANȚE MINERALE SOLIDE

28 noiembrie 1978 ora 16

Prezidează acad. prof. Sabba Ștefănescu și prof. Radu Botezatu membru corespondent al Academiei R. S. România

— M. Suceava, A. Proca, D. Ioane, L. Podoleanu : *Contribuții gravimetrice la descifrarea structurii geologice Zebrac-Mermezu din munții Călimani.*

Prin prospecțiunile gravimetrice de detaliu și de mare detaliu executate în partea de sud-est a munților Călimani s-au adus contribuții importante la avansarea cunoștințelor geologice asupra acestei zone. Prin integrarea rezultatelor mai multor metode de investigare geologică (prin observare directă, foraje, lucrări miniere, geochimice, aeromagnetism, gravimetrie, electrometrie) s-a ajuns astăzi la o cunoaștere avansată a structurii eruptive complexe Zebrac — Mermezu și a perspectivelor economice oferite de aceasta. Prospecțiunile gravimetrice au contribuit atît la delimitarea mai precisă a intruziunii eruptive menționate, cît și la o mai bună cunoaștere a structurii acesteia prin evidențierea unor corpuri microdioritice și de brecii endogene și a unor zone de alterări hidrotermale posibil mineralizate.

— I. Stoica : *Aspecte privind utilizarea metodei fenomenelor electro-magnetice tranzitorii în prospecțiunea minereurilor.*

Lucrarea prezintă pe baza unor modelări și măsurători de teren complementaritatea și interferența metodei fenomenelor electromagnetice tranzitorii (FEMT) cu alte metode geoelectrice în prospecțiunea minereurilor conductoare.

— D. Stănică, Maria Stănică, Ramona Plavița : *Perspective privind aplicarea metodei curenților telurici în probleme structurale.*

Autorii lucrării își propun să evidențieze posibilitatea evaluării unor raporturi noi între coeficienții spectrali complecși, care caracterizează undele electromagnetice și parametrii fizico-geologici ai mediului investigat.

— V. Georgescu, D. Paicu, R. Erhan, D. Săvoiu : *Studierea cîmpului radioactiv gama natural în deluviu.*

Introducerea în practica lucrărilor de prospecțiuni radiometrice a metodei de carotaj gamma în găuri a dat posibilitatea studierii modului în care variază cîmpul radioactiv gamma natural în stratul de material deluvionar ce se formează deasupra formațiunilor sedimentare sau metamorfice.

Cunoașterea particularităților acestui cîmp permite stabilirea unor valori de referință, funcție de nivelul clarckului, pentru aprecierea ordinului de mărime al anomaliilor radioactive aparținînd aureolelor de dispersie.

— Gh. Ionescu : *Contribuții la interpretarea anomaliilor geofizice potențiale prin modelare.*

Modelarea anomaliilor geofizice cu ajutorul calculatoarelor electronice prezintă un interes tot mai mare în prezent, prin posibilitatea investigării rapide a foarte numeroase moduri de distribuire a surselor generatoare ale anomaliilor, finalizînd aceste prelucrări succesive într-o soluție optimă care să prezinte cea mai bună suprapunere a efectului modelului soluție în raport cu semnalul măsurat.

— M. Săsărman, Gh. Grecea, M. Mafteiu : *Realizări și perspective în studiul spectral gamma și X în al rocilor „in situ"*

Aparatura spectrometrică portabilă pentru radiații gamma și X permite efectuarea studiilor spectrale a rocilor „in situ". În lucrare se prezintă unele aspecte de fizica radiațiilor specifice măsurătorilor „in situ", particularitățile metodologiei măsurătorilor, rezultatele obținute precum și posibilitățile utilizării geologice ale acestora. Se analizează de asemenea certitudinea datelor obținute.

— Fl. Rădulescu, S. Anastase, N. Heredea I. Tiepac : *Metode numerice de prelucrare a spectrelor obținute prin activare cu neutroni și spectrometria gamma naturală.*

Lucrarea descrie aplicarea metodei celor mai mici pătrate în două variante, ambele realizînd prelucrarea integrală a spectrelor gamma. Sînt prezentate două programe de calcul realizate în limbaj FORTRAN IV, unul pentru spectrometrie gamma naturală celălalt pentru activare cu neutroni, precum și date experimentale.

29 noiembrie 1978, ora 9

— D. Milcoveanu : *Cîteva exemple practice de interpretare a anomaliilor cîmpurilor potențiale naturale pe baza analizei armonice și a modelelor echivalente.*

— D. Romanescu, Elena Szabo : *Cercetări petrofizice pe rama de vest a Bazinului Iara-Cluj.*

Se prezintă rezultatele studiului proprietăților fizice (magnetice, de densități și în măsură redusă electrice) executat pe rocile și minereurile zăcămîntului pirometasomatic Băișoara-Mașca-Cacova și pe întreaga ramă vestică a Bazinului Iara.

Interpretarea rezultatelor a permis pe lîngă caracterizarea petrofizică a fiecărui tip de rocă și minereu și punerea în evidență în partea de est și nord-est a zăcămîntului, în rocile sedimentare și metamorfice de pe rama vestică a Bazinului Iara, a unei mineralizații sărace de magnetită diseminată, de origină hidrotermală.

— D. Căpriță : *Considerații asupra anizotropiei în modelarea tridimensională a prospecțiunii electrice.*

Lucrarea își propune să evidențieze influența anizotropiei unei neomogenități tridimensionale în prospecțiunea electrometrică. S-a utilizat pentru studiu modelarea prin metoda elementului finit a unui corp sferic îngropat.

Este comparat rezultatul astfel obținut cu soluția analitică pentru corpul sferic omogen și izotrop pentru a evidenția acuratețea modelării.

În final se analizează rezultatele obținute pentru cîteva unghiuri de anizotropie ale corpului sferic îngropat.

— Erika Lazăr, C. Lazăr : *Contribuții la explicarea anomaliilor negative de polarizare indusă.*

Lucrarea evidențiază principalii factori ce duc la apariția efectelor PI negative. Cunoașterea acestora contribuie la micșorarea gradului de ambiguitate în stabilirea cauzei anomaliilor de PI și trecerea la întrepretare semicantitativă a acestora.

— M. Suceava, C. Sava, A. Proca, D. Rusu, L. Podoleanu : *O cale de îmbunătățire a interpretării datelor gravimetrice din terenurile accidentate.*

În lucrare se prezintă rezultatele obținute cu ajutorul continuării analitice a valorilor de anomalie Bouguer de pe o suprafață oarecare pe o suprafață plană, pentru cîteva sectoare reprezentative din munții Gurghiu și Harghita, subliniindu-se aportul adus pe această cale pentru îmbunătățirea interpretării datelor gravimetrice.

— R. Constantinescu : *Interpretarea prin metode statistice a datelor de teren ale prospecțiunii radiometrice pentru conturarea anomaliilor slabe.*

Pornind de la natura și compoziția mărimilor măsurate considerînd proprietățile coeficienților de autocorelație, calculați pe profilele cu valorile măsurătorilor, s-a elaborat o formulă de mediere (ponderată) a valorilor măsurătorilor prin care se evidențiază prezența anomaliilor slabe.

— M. Duicu, L. Pop : *Posibilități de utilizare a radiometriei în cartarea geologică a mineralizațiilor de sulfuri polimetalice asociate metavulcanitelor din seria de Padeș (Poiana Ruscă).*

Lucrarea descrie modelele adoptate (în lucrări de suprafață și în subteran) pentru punerea în evidență a contrastelor de radioactivitate gamma naturală dintre diferite roci asociate mineralizațiilor de sulfuri polimetalice din zona zăcămîntului Muncel (Poiana Ruscă). Prin analize radiometrice de laborator pentru U, Th și K^{40} s-au identificat rocile reper a căror urmărire prin cartare radiometrică conduce la identificarea zonelor mineralizate. Pornindu-se de la ipoteza că radioactivitatea rocilor va fi atenuată în prezența elementelor grele, s-a obținut și o corelație

directă între conținutul în plumb și intensitatea radioactivității gamma naturale înregistrată pe pereții unei lucrări miniere.

29 noiembrie 1978, ora 16

— P. Cristea, P. Constantinescu, S. Spânoche, V. Manj, Mihaela Georgescu : *Cercetări seismometrice pentru bauxită în Munții Pădurea Craiului.*

În ultimii ani, ca urmare a creșterii importanței seismometriei la investigarea acumulatorilor de substanțe minerale solide, au fost efectuate cercetări pentru depozitele bauxitifere din Munții Pădurea Craiului.

S-au experimentat mai multe metode pentru obținerea datelor și valorificarea înregistrărilor și anume : refracția, în varianta frecvențelor înalte, reflexia cu procedeul acoperirii multiple și măsurătorile în sonde, utilizînd diferite sisteme de observație.

Rezultatele permit conturarea unei imagini cuprinzătoare asupra complexității problemelor geologice, legate de acumulările de bauxită, și cu privire la posibilitățile seismometriei de a rezolva o parte dintre acestea în zonele de perspectivă din Munții Pădurea Craiului.

— S. Rădan, Maria Rădan : *Noi aspecte privind cercetarea magnetometrică a bauxitelor din Munții Pădurea Craiului.*

În lucrare sînt prezentate o serie de rezultate cu privire la proprietățile magnetice ale bauxitelor, comentîndu-se semnificația raportului Koonigsberger, în contextul problematicii cartării magnetometrice a acumulărilor de bauxite din Munții Pădurea Craiului.

— R. Constantinescu, O. Căruțașu : *Dozare de mare sensibilitate a U și Th prin activare cu neutroni pe probe geologice.*

Sînt dați parametrii fluxului de neutroni de iradiere, timpul de iradiere și de răcire, condițiile de măsură și metodele de prelucrare a spectrelor gamma pentru atingerea unor limite de sensibilitate la nivelul a 0,5 pm în analiza prin activare a U și Th.

— M. Duicu, L. Popp : *Metodă de atenuare gamma pentru determinarea cantitativă a plumbului din minereuri complexe și produse de flotație ale acestora.*

Lucrarea prezintă o metodă gamma spectrometrică de laborator cu elemente originale, metodă ce conduce la obținerea unor coeficienți globali de atenuare ce depind direct de concentrațiile în element greu din probe. Se utilizează o combinație de surse emițătoare de radiații gamma moi și dure (atenuarea radiațiilor gamma moi depinzînd în principal de Z-ul efectiv al probei, iar atenuarea radiațiilor gamma dure de densitate). Sînt prezentate dispozitivele special concepute și construite pentru a se elimina efectele perturbante. Domeniul de aplicare al metodei : probe cu peste 1% Pb, cu erori variabile (±5 — 15%), erori ce scad în sensul creșterii conținutului în element greu.

— C. Zvîncă, M. Josan : *Aplicații ale modelării matematice în prospecțiunea electrometrică.*

Lucrarea prezintă aplicarea modelării matematice la rezolvarea unei probleme geologice folosind teoria mediilor tridimensionale continuu variabile.

Modelul matematic este constituit dintr-un mare număr de centre de conductivitate astfel încît să se țină seama de cît mai mulți factori prezenți în fenomenul natural.

Efectul acestui model este obținut prin calcul, comparat cu realitatea și îmbunătățit prin iterații succesive, ultimul model fiind cel mai aproape de situația reală.

— Fl. Rădulescu : *Metode de estimare a efectelor de relief în prospecțiunea aeroradiometrică.*

Este prezentată o soluție de estimare a efectului de relief manifestat în măsurătorile aeroradiometrice, folosind o metodă de integrare numerică pe suprafață. Se prezintă aplicarea experimentală a metodei pe o zonă prospectată aeroradiometric.

30 noiembrie 1978, ora 9

— J. Andrei : *Considerații asupra indicilor de prospectare tactică și strategică a mineralizațiilor de tip „phorphyry copper" din Munții Metaliferi.*

O serie de metode geofizice și geochimice, s-au dovedit deosebit de eficace la prospectarea tactică a mineralizațiilor de tip „porphyry copper" cu magnetit din Munții Metaliferi. Autorul analizează valoarea gnoseologică specifică a acestor metode, subliniind necesitatea interpretării integrate a rezultatelor obținute, într-un strîns context cu datele petrofizice și geologice. Analiza unor elemente de control structural și magmatic, stabilite prin cercetări geologice directe sau deduse din interpretarea datelor geofizice, a permis și evidențierea unor indici de prospectare strategică a mineralizațiilor de tip „porphyry copper" din Munții Metaliferi.

— D. Romanescu, A. Soare, Ramona Plaviță, M. Enăchescu, Florentina Calotă, Gh. Ionescu : *Aplicarea sondajelor geomagnetice și a metodelor petrofizice la descifrarea unor structuri geologice din Carpații Orientali.*

Lucrarea reprezintă o primă încercare de utilizare combinată a metodei sondajelor geomagnetice, care permite investigarea evoluției în profunzime a structurilor geologice de largă extindere și a studiului proprietăților fizice ale rocilor aplicat pe eșantioane colectate din aflorimente și din carote, necesar îmbunătățirii cunoașterii fenomenelor de petrogeneză și metalogeneză, din zona considerată.

— V. Steflea, V. Smalbergher : *Filtrări în domeniul de frecvență în scopul realizării analitice a transformărilor de date.*

Se prezintă modul de efectuare al transformărilor de date cu ajutorul filtrării în domeniul de frecvență. În continuare se deduc filtrele care realizează continuări analitice în semispațiile inferior și superior, derivate verticale și orizontale de diferite ordine și transformări de componente. Se dau indicații asupra programului complex de calcul electronic și se prezintă exemple de aplicare pe cazuri teoretice și reale.

— Sr. Rădan, Sl. Rădan, Maria Rădan : *Posibilitatea de valorificare a datelor de susceptibilitate magnetică în geologie.*

Pe baza secțiunilor și hărților cu izosusceptibilități sînt evidențiate cîteva posibilități de interpretare geologică a datelor petromagnetice : identificarea unor direcții de aport în formațiuni vulcanogen-sedimentare metamorfozate, precizarea structurii grindurilor în zonele submerse ale Deltei Dunării etc.

— C. Nicolau, M. Săsărman, D. Paicu : *Contribuții în spectrometria gama a mineralizațiilor radioactive în găuri de sondă.*

Spectrometria gama a mineralizațiilor radioactive prezintă un real interes în studiul acestora. Construcția găurilor de sondă ridică însă probleme dificile în fața măsurătorilor spectrale a căror soluționare contribuie la introducerea acestor măsurători în practica curentă a carotajului. În cadrul lucrării sînt prezentate încercările făcute în acest sens cu ajutorul unei aparaturi spectrometrice gama cu 4 canale.

M. Duicu : *Metodă rapidă de analizare prin fluorescență X a cuprului conținut în probe de roci și minereuri recoltate din zăcămîntul Leșu Ursului.*

Metoda prezentată în lucrare exploatează fenomenul de fluorescență X provocat prin utilizarea unei surse radioizotopice de ^{238}Pu încorporată în aparatul portabil românesc POXA-4S. Se arată în principal modul cum s-au eliminat efectele inter-element pentru diferite tipuri de minereuri recoltate din cele trei zone ale zăcămîntului Leșu Ursului, realizîndu-se o metodă expeditivă și ieftină de determinare a cuprului. Nivelul de încredere al metodei : sub 5% pentru 65% din cazuri și sub 10% pentru 97,5% din cazuri (față de rezultatele analizelor chimice).

I. Pordea : *Utilizarea unui analizator multicanal echipat cu detector de Ge(Li) subțire în dozarea U-Ra-Th.*

Lucrarea își propune să investigheze zona de energii X și gama joase (100 keV) emise de principalele elemente radioactive naturale existente în probele geologice. Dacă, pentru elementele U și Ra problema dozării este mai simplă (datorită existenței picurilor singulare ale U și Ra), pentru thoriu este necesară o interpretare a unor picuri compuse (Ra + Th). Avantajul metodei este eliminarea unei măsurători suplimentare (cu alt detector) care să dozeze Th din probe.

N. HEREDEA, I. ISVOREANU, FL. RĂDULESCU : *Metoda cercetării aeroradiometrice în R. S. România.*

Sînt prezentate principalele etape ale cercetării aeroradiometrice :
— realizarea lucrărilor experimentale pentru etalonarea aparaturii.
— metodici de prospecțiune pe teren.
— prelucrarea datelor și prezentarea rezultatelor.
Lucrarea este însoțită de considerații teoretice și date experimentale.

SECȚIA 3. FIZICA PĂMÎNTULUI ȘI GEOFIZICA INGINEREASCĂ

Prezidează prof. LIVIU CONSTANTINESCU, membru corespondent al Academiei R. S. România

28 noiembrie 1978, ora 16

— D. TALOȘ, FL. RĂDULESCU, A. POMPILIAN, S. IONESCU : *Considerații asupra distribuției de viteze în scoarța terestră din România.*

Lucrarea prezintă o serie de distribuții ale vitezelor seismice în scoarța terestră din Vestul Platformei Moesice, Bazinul Transilvaniei și Orogenul Carpatic.

Prelucrările respective au avut la bază atît înregistrările sondajelor seismice de profunzime din aceste zone cît și materialul rezultat din înregistrările la timpi mari de pe profilele obișnuite de reflexie pe care s-a aplicat metoda acoperirii multiple.

— D. ZUGRĂVESCU, R. DOROBANȚU : *Extensometru din cuarț cu traductor capacitiv.*

În lucrare se prezintă principiile constructive de realizare a extensometrelor înregistratoare pentru cele trei componente ale mareelor terestre.

În continuare sînt prezentate rezultatele obținute cu un extensometru de cuarț cu traductor inductiv diferențial, precum și elemente constructive și performanțele noului tip de extensometru din cuarț cu traductor capacitiv, cu modulație de fază, construit în cadrul Laboratorului de geodinamică din cadrul C.F.P.S.

— ST. LASCU : *Studiul anomaliilor laterale ale vitezelor de propagare ale undelor seismice în zona Vrancea.*

— D. ENESCU, N. MĂNDRESCU, RAMONA PLAVIȚĂ : *Funcții de transfer ale complexului sedimentar din zona N.E. București (Pantelimon INCERC).*

În prima parte a lucrării este prezentat modelul geologic-geofizic al complexului de sedimente cuprins între suprafața solului și suprafața calcarelor cretacice și jurasice din zona Pantelimon INCERC.

Partea a doua a lucrării conține rezultatele calculului funcțiunilor de transfer ale modelului. Sînt prezentate funcțiile de transfer atît în domeniul frecvență cît și în domeniul timp.

— D. ZUGRĂVESCU, R. DOROBANȚU : *Pendul de zero cu comandă electronică.*

În lucrare se prezintă etapele prin care a trecut prototipul de pendul de zero, din dotația Laboratorului de geodinamică din cadrul C.F.P.S. începînd cu pendulul de zero cu compensare electromecanică, realizat în anul 1970. În continuare se prezintă elementele constructive ale pendulului de zero cu pilotaj electronic și compensare piezoelectrică, precum și curbe experimentale de răspuns ale aparatului la excitații armonice. Se fac considerații privind stabilitatea sistemului și creșterea calității înregistrărilor prin utilizarea pendulului de zero.

— E. DRUȚĂ : *Studiul oscilațiilor toroidale ale unui Pămînt heterogen cu nucleul moale.*

În lucrare se dezvoltă o metodă semi-analitică pe calculator pentru determinarea frecvențelor proprii și a spectrului oscilațiilor libere toroidale ale unui model de pămînt sferic cu parametrii elastici tabelați. S-a pus în evidență apariția unui număr mare frecvențe proprii dintre care numai unele par să aibă semnificație fizică (despicarea liniilor spectrale). Se studiază de asemenea și efectul unei zone de tranziție manta-nucleu de grosime variabilă, în care se presupune o variație exponențială a parametrilor elastici și a densității.

— M. ANGHEL, CR. DEMETRESCU, T. NEȘTIANU : *Hărți cu izopore pentru teritoriul României în cursul ultimului ciclu solar.*

În lucrare sînt prezentate unele rezultate privind variația seculară a cîmpului geomagnetic principal. S-a luat în considerare efectul activității solare asupra variației seculare, întocmindu-se hărți cu izopore pentru două intervale de variație seculară quasiconstantă, 1964,5 — — 1969,5 și 1969,5 — 1974,5. Compararea celor două hărți pare să indice existența unei anumite zonări a teritoriului studiat.

— V. Al. Bulgăreanu, D. Hannich : *Influența activității solare asupra dinamicii unor caracteristici limnologice la unele lacuri din Cîmpia Română și Dobrogea.*

29 noiembrie 1978, ora 9

— D. Zugrăvescu : *Laboratorul pentru etalonarea și rodarea aparaturii de geodinamică — București.*

În lucrare se prezintă structura laboratorului de etalonare și rodare a aparaturii geodinamice din cadrul C.F.P.S.

Este înfățișată de asemenea schema funcțională și procedura etalonării și rodării aparaturii geodinamice înregistratoare compusă din: gravimetre, penduli orizontali, extensometre, termografe, barografe, insistîndu-se asupra caracterului corelativ al înregistrărilor.

În continuare se prezintă evoluția metodelor de înregistrare experimentală a mareelor terestre; în prezent sînt utilizate metode optice și potențiometrice, iar în cursul anului 1979 se va realiza înregistrarea datelor în formă numerică, direct pe un suport magnetic, păstrîndu-se în paralel înregistrarea potențiometrică.

— M. Visarion, S. Veliciu : *Fluxul termic și activitatea hidrotermală pe teritoriul României.*

În lucrarea prezentată, caracteristicile geotermice ale principalelor zone cu activitate hidrotermală din țara noastră sînt discutate în lumina rezultatelor explorărilor recente. O trecere în revistă a valorilor de flux termic a permis interpretarea distribuției acestora în legătură cu metodele elaborate în tentativele de încadrare a teritoriului României în conceptul tectonicii în plăci. În final este discutată problema activității geotermale la limita plăcilor și în bazine marginale.

— L. Pavelescu, G. Pop, R. Catilina, G. Airinei, I. Ene, D. Lubenescu, G. Popescu, M. Soroiu : *Prime determinări de virste U—Pb pe concentrate de zircon separate din unele roci eruptive și metamorfice din Carpații Meridionali.*

Au fost datate prin metoda U—Pb concentrate de zircon separate din granitul de Tismana-Novaci, granitoidul de Gozna și gnaisul ocular de Săsciori.

Interpretarea rezultatelor obținute s-a făcut folosind diagrama concordia. Pentru granitul de Tismana-Novaci se poate considera că valoarea de 600 m.a. reprezintă momentul formării cristalelor de zircon.

O concluzie preliminară poate fi că în granitoidul de Gozna cristalele de zircon s-au format acum 600 m.a. iar gnaisul ocular de Săsciori conține cristale de zircon formate acum 1 000—1 100 m.a.

— Cr. Demetrescu : *Asupra unor implicații tectonice ale distribuției fluxului termic pe teritoriul R.S. România.*

În lucrare sînt prezentate date de flux termic din Depresiunea Transilvaniei și Carpații Orientali (nucleul cristalin și zona vulcanismului neogen) precum și o hartă preliminară a fluxului termic pentru teritoriul României. Relația dintre cîmpul de flux termic și alte cîmpuri geofizice pare să indice faptul că distribuția fluxului termic este guvernată de procese ce au loc în manta.

— St. Pătrașcu : *Magnetizări remanente caracteristice în formațiunile eruptive neogene din Munții Oaș-Ighiș-Țibleș.*

Lucrarea conține rezultatele studiului magnetizării remanente naturale (MRN) a cca. 400 eșantioane-pilot provenite din 197 puncte de colectare din formațiunile menționate.

Au fost puse în evidență două magnetizări remanente caracteristice, una normală și alta inversă, pe direcții foarte apropiate de aceea a cîmpului magnetic terestru actual.

— A. MOȚIU, D. ROMANESCU, T. NEȘTIANU : *Relații între proprietățile fizice și compoziția mineralogică a meteoriților din România și aspecte comparative cu unii meteoriți din alte țări.*

Se prezintă și se discută rezultatele determinărilor proprietăților magnetice (magnetizarea indusă și remanentă) și de densități pe un număr de 18 eșantioane de meteoriți căzuți pe teritoriul României și a unui număr de 9 eșantioane de meteoriți primite din străinătate. Întregul material experimental aparține Universității „Babeș-Bolyai" din Cluj-Napoca.

Rezultatele pot fi comparate cu acelea ale unor roci și minereuri din țara noastră.

— D. ZUGRĂVESCU, ILEANA FĂTULESCU, C. MACARIE : *Influența cîmpului baric asupra înregistrărilor de maree terestre.*

Se prezintă înregistrările de maree terestre (componenta verticală și proiecțiile est-vest, nord-sud ale componentei orizontale) în paralel cu înregistrări ale variației presiunii atmosferice. Înregistrările pun în evidență corelații între deformările locale ale globului terestru și variațiile neperiodice ale presiunii.

— V. STEFLEA, DORINA DANCHIV, V. SMALBERGHER : *Localizarea fenomenelor seismice cu ajutorul calculului electronic.*

Se prezintă principiile generale care stau la baza determinării parametrilor cutremurelor (ora la origină, coordonate geografice, adîncime, magnitudine).

După o scurtă prezentare a algoritmilor de calcul se indică modul de realizare practică în două variante a programelor complexe de calcul electronic care se utilizează în mod curent în cadrul C.F.P.S.

Primul program permite localizarea cu mare precizie a cutremurelor normale apropiate, cînd se dispune de o rețea rară de stații de înregistrare.

Al doilea program se poate folosi pentru orice tip de cutremure cînd se dispune de un număr suficient de date.

— D. ENESCU, ELEONORA CRIȘAN, RAMONA PLAVIȚĂ : *Determinarea parametrilor geometrici și dinamici ai focarelor unor cutremure intermediare din Vrancea.*

Folosind două procedee elaborate de geofizicienii români, autorii determină dimensiunile zonei de faliere, volumul focal, mărimea dislocației în focar, momentul seismic, căderea de stress și alți parametrii ai focarelor unor cutremure intermediare vrîncene. Rezultatele sînt comparate cu cele obținute în literatura de specialitate pentru alte zone seismice.

29 noiembrie 1978, ora 16

— C. RADU : *Cutremurul din 4 martie 1977 — considerații seismologice și inginerești.*

Cutremurul românesc din 4 martie 1977 prin manifestările sale specifice și prin examenul la care a supus noile construcții (în special în București) prezintă un deosebit interes pentru seismologii și inginerii din lumea întreagă.

Interesul științific al acestui cutremur a condus la numeroase studii privind : caracterul de multișoc, migrarea focarului, mecanismul și parametrii sursei, magnitudinea componentelor multișocului, anomalii în propagarea undelor seismice, distribuția spectrală, temporală și magnitudinală a replicilor, cîmpul macroseismic, fenomene geologice, geofizice și biologice asociate șocului principal, spectrele de răspuns ale deplasării vitezei și accelerației, comportarea diferitelor tipuri de construcții etc.

— N. MÂNDRESCU : *Aspecte ale comportării terenului în timpul cutremurului vrîncean din 4 martie* 1977.

În lucrare sînt semnalate, pe baza cercetărilor de teren, zonele de apariție a proceselor geologice dinamice declanșate de acest cutremur ; pentru unele zone, în care aceste fenomene au avut o amploare deosebită, sînt prezentate succint condițiile geologice locale.

Sînt făcute de asemenea unele aprecieri asupra distribuției teritoriale ale deformărilor permanente ale terenului provocate de cutremurele vrîncene din 10 noiembrie 1940 și 4 martie 1977.

Lucrarea scoate în evidență importanța cunoașterii condițiilor geologice și geotectonice ale terenului, în vederea evitării sau diminuării efectelor distrugătoare ale cutremurelor.

— Sieglinde Iosif, V. Strestik, T. Iosif : *Analiza frecvență-timp a oscilațiilor generate de cutremurul din 4 martie 1977.*

Se prezintă un studiu al structurii fine a undelor seismice generate de cutremurul vrincean din 4 martie 1977, utilizînd metoda analizei frecvență-timp.

Amplitudinea spectrelor evolutive este reprezentată sub forma unei funcții de două variabile v și t.

S-au obținut unele concluzii importante pentru seismologia inginerească cu privire la „intervalul de perioade predominante" ale undelor seismice.

— V. Mârza : *Analiza schimbărilor de seismicitate, predecesoare cutremurului vrincean major din 1977.*

Cutremurul vrincean major din 4 martie 1977 a fost precedat de fluctuații (în timp și spațiu) în seismicitatea minoră din zona focală Vrancea. În general s-a observat o scădere a activității seismice cu aproximativ 14 ani înaintea șocului principal, în domeniul de adîncimi 90—130 km care se corelează bine cu adîncimea șocului principal și postactivității seismice.

Pe baza caracteristicilor spațiale și temporale ale activității anormale se face o discuție a posibilităților de utilizare a fenomenului ca furnizor de informație premonitorie.

— D. Enescu, Ramona Plaviță, *Deconvoluarea unor accelerograme ale cutremurului vrincean din 4 martie 1977.*

Sînt folosite două căi pentru deconvoluarea unor accelerograme ale cutremurului din 4 martie 1977. În una din aceste căi se lucrează în domeniul de frecvență iar a doua cale rezolvă deconvoluția direct în domeniul timp. Rezultatele obținute vor putea fi utilizate la obținerea prin convoluție a accelerogramelor în puncte în care n-au existat accelerograme în timpul cutremurului din 4 martie 1977.

— Sieglinde Iosif, Dana Prochazkova, T. Iosif : *Parametrii sursei seismice pentru cutremurele vrincene puternice.*

Utilizînd spectrele undelor P și S s-au calculat parametrii focali pentru 5 mari cutremure produse în regiunea Vrancea : frecvența de colț, raza sursei, momentul seismic și căderea de tensiune.

Un rezultat important al analizei efectuate (atît în domeniul spectral cît și în cel temporal) este acela că unele cutremure vrincene sînt generate de evenimente seismice multiple.

— T. Moldoveanu, A. Nourescu, A. Stănucă, G. Tudorache : *Supravegherea seismică a barajului Vidraru-Argeș.*

În lucrare sînt prezentate aspecte caracteristice ale seismicității locale în zona Vidraru, analiza corelabilității acesteia cu nivelul apei în lac și ora locală. Se prezintă distribuția în timp a seismicității locale și localizări de hipocentre.

Se prezintă și se analizează activitatea seismică a zonei Argeș ca efect al cutremurului din 04.03. 1977.

— D. Bălteanu : *Procese de versant declanșate de cutremurul din 4 martie 1977 în Carpații și Sub-Carpații Buzăului.*

Măsurătorile efectuate pe parcelele experimentale de la Stațiunea de cercetări geografice Pătârlagele, au permis înregistrarea exactă a efectelor diferențiate ale șocului produs de cutremur asupra unor versanți, dezvoltați pe diferite tipuri de roci și structuri.

Data retragerii unor versanți abrupți a fost de 10—30 de ori mai mare decît rata medie anuală calculată pentru perioada 1968—1976.

30 noiembrie 1977, ora 9

— I. Cornea, Gabriela Polonic : *Date privind seismicitatea și seismotectonica părții de est a Platformei Moesice.*

Lucrarea prezintă activitatea seismică în partea de est a Platformei Moesice, îndeosebi cea care a urmat după cutremurul vrincean din 4 martie 1977, cît și cadrul seismotectonic al acestei regiuni. Datele obținute confirmă legătura epicentrelor cutremurelor normale cu prin-

cipalele linii tectonice. Activitatea cea mai intensă corespunde „nodurilor" formate de intersecția diferitelor fracturi.

— T. Iosif, Sieglinde Iosif : *Cutremurul vrincean din 4 martie 1977 — eveniment seismic multiplu și implicațiile seismotectonice.*

Se prezintă un studiu privind caracterul de multiplicitate a cutremurului din 4 martie 1977. Analiza înregistrărilor efectuate la stațiile seismice românești a condus la identificarea a patru șocuri, într-un interval de 9 s din care trei ($M = 6.0-6.9$) constituie componentele majore ale evenimentului.

Se explică din punct de vedere fenomenologic, particularitățile manifestărilor macroseismice ale cutremurului.

Se fac unele considerații privind mișcarea tectonică provocată de șocul principal, mișcare care poate fi descrisă cu ajutorul unui tensor.

— M. Anghel : *Un nou model fizic pentru explicarea efectului seismo-declanșator al activității solare și aplicații pentru zona Vrancea.*

Se consideră efectul de „pătură dublă" pe care-l creează contactul dintre plăcile tectonice din zonele de subducție, acestea comportîndu-se ca un condensator. Cînd suma dintre energia electrostatică și cea tectonică atinge pragul de rupere se declanșează cutremurul. Încărcarea condensatorului se realizează de către curenții telurici de perioadă undecenală produși ca efect al activității solare asupra curentului inelar ecuatorial. Pentru zona Vrancea s-a pus în evidență prin corelare cu activitatea solară, existența unui ritm de încărcare și declanșare cu perioada de 4 cicluri solare. Cutremurul din 4 martie 1977 se încadrează în această schemă.

— A. Apostol, M. Molnar-Veress, D. Svoronos : *Asupra variației în timp a stării de eforturi în zona unor fracturi geologice.*

Cercetări efectuate asupra unor parametri legați de starea de eforturi în roci în zona unor fracturi geologice de cuvertură din interiorul curburii lanțului carpatic au arătat existența unor variații în timp. Aceste variații prezintă corelații cu regimul seismic din Vrancea.

— C. Radu, A. Utale, A. Galeriu : *Fenomene biologice asociate cutremurului din 4 martie 1977.*

Analiza detaliată a diferitelor fenomene asociate cutremurului din 4 martie 1977 a evidențiat comportarea neobișnuită a diferitelor animale (pisici, șoareci, cîini, pești, arici, cîrtițe, broaște țestoase, șerpi, albine etc.) și păsări (găini, găște, porumbei, vrăbii etc.)

Remarcăm că cel mai frecvente și interesante fenomene biologice s-au observat nu în zona epicentrală ci la distanțe mari de aceasta.

Se evidențiază posibilitatea folosirii comportărilor neobișnuite a diferitelor animale ca prevestitori ai marilor cutremure.

— D. Enescu, A. Pântea, V. Smalbergher : *Spectrul Fourier sintetic al accelerației produse de cutremurul din 4 martie 1977 în zona București.*

Pe baza cunoașterii parametrilor geometrici și dinamici ai focarelor vrîncene, precum și a parametrilor fizici ai mediului de propagare, autorii calculează spectrul Fourier și accelerograma cutremurului din 4 martie 1977 în zona București. Este determinat atît spectrul la nivelul fundamentului cît și cel la suprafața solului.

Accelerograma sintetică și spectrul ei sînt determinate pentru un punct aflat la suprafața solului corespunzător punctului în care au fost înregistrate accelerogramele de la INCERC.

— Sieglinde Iosif, T. Iosif, V. Strestik, V. Cerveny : *Transformată Hilbert, înfășurătoarea și fazograma în analiza oscilațiilor cutremurului vrincean din 4 martie 1977.*

Se prezintă un studiu spectral complex al oscilațiilor seismice generate de cutremurul din 4 martie 1977 privind transformata Hilbert, înfășurarea și fazograma.

Din analiza efectuată s-au pus în evidență sensibilitatea regională a stațiilor seismice, caracterul de multiplicitate al evenimentului și particularități în parametrii dinamici ai undelor seismice (faze și amplitudini).

— N. Mândrescu : *Cutremurul vrincean din 4 martie 1977 și microzonarea municipiului București.*

Lucrarea prezintă o hartă a distribuției distrugerilor pe teritoriul orașului București, întocmită pe baza evaluării comportării diferitelor tipuri de construcții în timpul cutremurului

din 4 martie 1977. Această hartă este comparată cu microzonarea seismică a orașului București, întocmită în anul 1973, precum și cu harta distribuției efectelor cutremurului din 10 noiembrie 1940. Lucrarea scoate în evidență corelația dintre compoziția spectrală a cutremurului din 4 martie 1977 și distrugerea selectivă a clădirilor.

Ședința de închidere

30 noiembrie 1978, ora 16

— V. VÂJDEA, S. VELICIU, M. SĂNDULESCU, M. ȘTEFĂNESCU : *Semnificația geologică a unor linii regionale din înregistrările sateliților de teledecție.*

Interpretarea geologică a înregistrărilor de teledecție realizate de sateliții LANDSAT deasupra teritoriului României, a pus în evidență prezența unor elemente lineare care se extind pe distanțe ce depășesc cîțiva zeci de kilometri. În lucrarea prezentată este făcută o analiză a relațiilor structural-tectonice regionale și a semnificației acestor elemente.

— V. VLAD, M. ALEXANDRESCU, G. BRĂTESCU, C. DĂNCIULESCU : *Prelucrarea datelor geofizice prin holografie optică.*

Lucrarea prezintă problematica aplicării metodelor de prelucrare optică a informației la prelucrarea datelor geofizice : holografia sfero-cilindrică, filtrarea spațial-complexă de tip Vander Lugt, realizîndu-se, printre altele, operații de bază ca :

- analiza în frecvență trasă cu trasă ;
- autocorelația trasă cu trasă ;
- eliminarea multiplelor (demultiplexarea) ;
- deconvoluția.

Pe baza acestor operații, lucrarea prezintă apoi, unele rezultate concrete privind prelucrarea datelor geofizice.

— V. ROȘCA : *Plăci sferice și orogeneză gravitațională.*

Utilizîndu-se modelul unei plăci sferice subțiri (cupolă) sprijinită pe un inel marginal, supusă acțiunii greutății sale proprii, se formează o ipoteză orogenică bazată pe competența diferențiată a mantalei superioare.

— D. HANNICH, C. TOADER, VL. ZORILESCU, C. ZVÎNCĂ, T. IVAN : *Studiul actual de utilizare a calculului automat în prospecțiunile geofizice efectuate de I.G.P.S.M.S.*

Lucrarea face o scurtă prezentare a activității colectivului de prelucrare automată a datelor din cadrul I.G.P.S.M.S. minisistem de calcul care a fost integrat efectiv în procesul de producție, răspunzînd necesității de prelucrare rapidă a volumului mereu crescînd de date primare și de efectuare a unor prelucrări fizico-matematice ulterioare, în vederea creșterii eficienței pe plan geologic a prospecțiunilor geofizice executate.

În lucrare se prezintă aplicații practice, realizate cu ajutorul ministemului de calcul, semnificative pentru aportul adus la rezolvarea problemelor geologice.

Discuții finale
Cuvînt de închidere

din 4 martie 1977. Acestă lucrare este completată cu microzonarea seismică a orașului București, întocmită în anul 1975, precum și cu harta distribuției efectelor cutremurului din 10 noiembrie 1940. Lucrarea scoate în evidență corelația dintre componența spectrală a cutremurului din 4 martie 1977 și distrugerea selectivă a clădirilor.

Ședința de închidere

30 noiembrie 1978, ora 16

— V. VLĂDESCU, S. VELCIOV, M. SZENTGYÖRGYI, M. STOICA-ANDREI : Semnificația geologică a unor limite regionale din anomaliile satelitilor de teledetecție.

Interpretarea geologică a investigațiilor de teledetecție realizate de satelitii LANDSAT deasupra teritoriului României, a pus în evidență prezența unor elemente liniare care se extind pe distanțe ce depășesc câțiva zeci de kilometri. În lucrare prezentată este făcută o analiză a relațiilor structural-tectonice regionale și a semnificației acestor elemente.

— V. VLAD, M. ALEXANDRESCU, E. ISĂCESCU, C. DĂNCILESCU : Prelucrarea datelor geofizice prin holografie optică.

Lucrarea prezintă problematica aplicării metodelor de prelucrare optică a informației la prelucrarea datelor geofizice : holografia sfero-cilindrică, filtrarea spațial-cumplexă de tip Vander Lugt, realizându-se, pînă în atelie, operații de tipul ca :

- analiza în frecvență (masă cu trasă ;
- autocorelația (masă cu trasă ;
- eliminarea multiplelor (demultiplexarea) ;
- deconvoluția.

Pe baza acestor operații, lucrarea prezintă apoi, unele rezultate concrete privind prelucrarea datelor geofizice.

— V. TEODOR : Filtrul optic și organul gramofonului.

Utilizându-se modelul unui pilot electric simplificat (cupolă) sprijinită pe un inel magnetic, supusă acțiunii unui câmp propriu, se formează o ipoteză originală bazată pe comportarea diferențiată a unghiului superior.

— D. IANCHICI, C. TOADER, VL. ZORILESCU, G. ZEVINCĂ, T. IVAN : Studiul optimal de migrare a seismicității curentă în prospecțiunile geofizice de la I.C.P.S.M.S.

Lucrarea face o scurtă prezentare a activității colective de prelucrare automată a datelor din cadrul I.C.P.S.M.S. inițiată în cadrul căreia a fost introdus direct în procesul de producție, răspunzînd necesității de prelucrare rapidă a volumului mereu crescînd de date primare și de elaborare a unor prelucrări fizico-matematice ulterioare, în vederea creșterii eficienței pe plan geologic a prospecțiunilor geofizice executate.

În lucrare se prezintă aplicații practice, realizate cu ajutorul substanțialului de calcul, semnificative pentru aportul adus la rezolvarea problemelor geologice.

IULIAN GAVĂT

1900—1978

În ziua de 18 iunie 1978, geofizica aplicată precum și geologia petrolului din țara noastră au suferit o grea pierdere prin încetarea din viață a Profesorului Iulian Gavăt, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, inițiatorul și animatorul școlii românești de interpretare geologică a prospecțiunilor geofizice.

S-a născut la 19 iulie 1900 în comuna Tîmboiești din fostul județ Rîmnicu Sărat. A urmat cursurile secundare la Liceul internat C. Negruzzi din Iași (1911—1916) și la Liceul Gh. Codreanu din Bîrlad (1916—1919). După frecventarea cursurilor de matematici ale Facultății de științe din București în anii 1919 și 1920, a intrat la Școala Politehnică din București obținînd în anul 1924 diploma de inginer de mine și metalurgie.

Remarcat încă din perioada studenției de către Gh. Macovei, I. Atanasiu, Gh. Munteanu-Murgoci, I. Tănăsescu și Gh. Murgeanu ca avînd aptitudini evidente pentru geoștiințe, Iulian Gavăt a fost angajat imediat după absolvire la fostul Institut Geologic al României. În anul 1924, din inițiativa marelui geolog care a fost L. Mrazec, pe atunci director al Institutului Geologic al României, a luat ființă secția de geofizică în cadrul acestei instituții. Aici și-a desfășurat munca de pionierat în geofizica românească de prospecțiune Iulian Gavăt, nucleul de geofizicieni completîndu-se în următorii ani cu încă trei colaboratori ; și, tot aici, s-a inițiat în geologia aplicată la studiul zăcămintelor de hidrocarburi.

Activitatea în domeniul geoștiințelor a Profesorului Iulian Gavăt a avut trei componente care, aparent distincte și succesive în timp, s-au înlănțuit și s-au completat reciproc în mod armonios.

În perioada 1924—1937, în cadrul Institutului Geologic al României a executat prospecțiuni gravimetrice cu balanța de torsiune, a prelucrat și interpretat din punct de vedere geologic informațiile obținute pe această

cale, a elaborat modele teoretice de interpretare și corelații interpretative pentru zona cutelor diapire cu sîmbure de sare din Muntenia și pentru domuri din Bazinul Transilvaniei, a căror valoare teoretică și practică a rămas permanent valabilă. Trăsătura dominantă a lucrărilor sale din această primă perioadă de activitate științifică a fost caracterul aplicativ al acestora, rigorii științifice și fundamentării teoretice atașîndu-se perspectivele economice legate de geneza, migrarea și acumularea în zăcăminte a petrolului și gazelor naturale în regiunile studiate.

Între anii 1937 și 1952 a lucrat în industria extractivă a petrolului din țara noastră, ca inginer geolog cu diferite sarcini de conducere și coordonare a activității, la mai multe unități din sistemul acestei industrii. În această perioadă a executat și condus lucrări de prospecțiuni geologice și geofizice în regiuni de interes pentru hidrocarburi, contribuind la valorificarea informațiilor obținute și care s-a concretizat prin introducerea în circuitul economic a unor noi rezerve de petrol și gaze în vestul Munteniei și Oltenia, precum și în Bazinul Transilvaniei.

În perioada 1950—1970 a desfășurat o rodnică activitate didactică în calitate de profesor titular la disciplina „Geologia petrolului", fiind totodată șeful catedrei de geologia zăcămintelor de hidrocarburi naturale și care, în 1957, a devenit o catedră complexă de geologia zăcămintelor de combustibili minerali, geologia inginerească și hidrogeologie, în cadrul Institutului de petrol, gaze și geologie din București. În paralel, între anii 1951 și 1957 la Institutul de mine din București și între 1957 și 1970 la Institutul de petrol, gaze și geologie din București, a fost Profesor titular la disciplina „Interpretarea geologică a prospecțiunilor geofizice".

Între anii 1965 și 1967 a organizat, coordonat și condus un curs internațional de specializare postuniversitară sub egida UNESCO, care a funcționat în două serii anuale, de „Geologia, prospecțiunea, explorarea și ingineria zăcămintelor de petrol și gaze" la care a predat disciplina „Problemele de geneză și de repartiție a zăcămintelor de petrol și gaze în scoarța pămîntului".

După 1970, anul pensionării pentru limită de vîrstă și pînă la încetarea sa din viață, și-a continuat activitatea didactică în calitate de profesor consultant, conducător de doctorat, contribuind la specializarea prin această formă de pregătire științifică superioară a unui număr de peste 15 ingineri români și cetățeni străini în geologia zăcămintelor de hidrocarburi. Acestei a treia perioade a activității sale îi aparțin o serie de lucrări științifice de sinteză, elaborate pe baza integrării informațiilor geofizice obținute prin diferite metode de prospecțiune cu date de foraj și alte informații geologice, care au condus la descifrarea structurii fundamentului îngropat din România, precum și la analiza detaliată a structurilor adînci în cuvertura sedimentară din avanfosa Carpaților Orientali, Depresiunea din sudul Moldovei și Platforma moesică; concluziile acestor lucrări au fost preluate în activitatea practică la stabilirea de noi zone cu perspective de hidrocarburi și la orientarea explorării în vederea descoperirii de noi zăcăminte de petrol și gaze.

Activitatea sa științifică, de profundă originalitate și cu o densitate de idei remarcabilă, a rămas consemnată în 27 lucrări publicate, 14 lucrări nepublicate sub formă de rapoarte de arhivă, precum și într-un mare număr de referate, puncte de vedere și alte tipuri de documente scrise.

În anul 1955 a fost ales Membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România activînd în cadrul Secției de științe geologice, geofizice și geografice. În anul 1963 a fost decorat cu Ordinul Muncii clasa a III-a. A reprezentat cu cinste geofizica aplicată și geologia petrolului din țară noastră, prin comunicări originale sau luări de cuvînt de o competență unanim recunoscută, la Congresele mondiale ale petrolului de la Paris (1937) și Moscova (1971), la Congresele internaționale ale Asociației Geologice Carpato-Balcanice de la București (1927 și 1961), Sofia (1964) și Budapesta (1968), precum și la Congresul Mondial de Geologie de la Praga (1968). S-a afirmat ca o prezență activă la toate manifestările științifice organizate în țara noastră.

În afara funcțiilor sale oficiale, a fost Vicepreședinte al Societății de științe geologice din România și Președinte al secției de tectonică, membru în Comitetul Național de geodezie și geofizică și Președinte al secției de seismologie și fizica interiorului globului, membru în Consiliul geologic și în Comisia de cercetări geologice și de prognoză a Ministerului Minelor, Petrolului și Geologiei, membru în Comisia de prognoză a Academiei Republicii Socialiste România, membru în Comitetul de redacție al revistelor de geofizică ale Academiei Republicii Socialiste România și altele.

Autoritate de prestigiu în geofizica aplicată și geologia petrolului din țara noastră, Iulian Gavăt s-a remarcat prin rigoare și exigență științifică, competență și originalitate în domeniul geoștiințelor, optimism, entuziasm și receptivitate față de nou. Calităților sale de om de știință li s-au adăugat cele personale fiind de o mare sensibilitate sufletească și, mai presus de orice, un exemplu de om care iubea oamenii.

Dispariția dintre noi a Profesorului Iulian Gavăt a însemnat nu numai pierderea unui strălucit specialist, a unui reprezentant de certă valoare a geoștiințelor din România ci și a unui om adevărat, cu calități deosebite. Amintirea sa va dăinui nu numai prin contribuțiile sale științifice ci și prin afecțiunea caldă și regretul tuturor celor care l-au cunoscut, stimat, prețuit și iubit.

Comitetul de redacție al revistei Studii și cercetări de geologie, geofizică și geografie, Seria Geofizică, aduce și pe această cale un cald omagiu memoriei celui care a fost Iulian Gavăt, distins Profesor, apreciat om de știință, apropiat și activ colaborator.

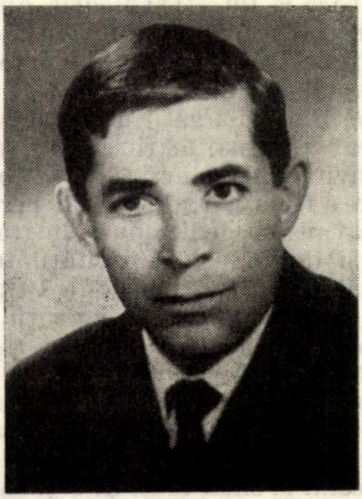
LISTA LUCRĂRILOR ȘTIINȚIFICE PUBLICATE DE IULIAN GAVĂT

1. *Despre pierderile de țiței și gaze în exploatările de petrol din România* (1928), Institutul Geologic al României, Studii tehnice și economice, Vol. XII, Fasc. 1.
2. *Privire generală asupra situației zăcămintelor de fier, crom, mangan și pirită din România* (1931), Institutul Geologic al României, Studii tehnice și economice, Vol. XV, Fasc. 1 (în colab. cu T. P. Ghițulescu).
3. *Cercetări gravimetrice efectuate în regiunea Călinești-Florești (Jud. Prahova) în anul 1929* (1931), Institutul Geologic al României, Dări de seamă ale ședințelor, Vol. XVII (în colab. cu T. P. Ghițulescu).
4. *Studiul interpretării rezultatelor gravimetrice din regiunea Filipeștii de Pădure—Măgureni—Novăcești — Florești — Băicoi* (1932), Institutul Geologic al României, Dări de seamă ale ședințelor, Vol. XVIII.
5. *Prospecțiuni geofizice întreprinse de Institutul Geologic al României* (1932), Analele Minelor din România, Vol. XVI, Nr. 2.
6. *Comunicare preliminară asupra cercetărilor gravimetrice efectuate în 1930 în regiunea Băicoi-Țintea și împrejurimi* (1933), Institutul Geologic al României, Dări de seamă ale ședințelor, Vol. XIX.

7. *Sur les anomalies de gravitation constatées à Floreşti (Prahova) et dans les environs* (1934), Anuarul Institutului Geologic al României, Vol. XVI.
8. *Cercetări gravimetrice în regiunea Moreni—Haimanale—Filipeşti de Tîrg—Diţeşti* (1935), Institutul Geologic al României, Dări de seamă ale şedinţelor, Vol. XX.
9. *Communication préliminaire sur les recherches gravimétriques entreprises dans la région de Tîrgovişte* (1937), Comptes Rendus des Séances de l'Institut Géologique de Roumanie, Tome XXI.
10. *Sur les anomalies du gradient de „g" aux confins des Subcarpates de la Plaine Roumaine au point de vue de la prospection du pétrole* (1938), 2-ième Congrès Mondial de Pétrole, Paris, 1937 ; Moniteur de Pétrole Roumain, No. 232.
11. *Cercetarea geofizică în prospecţiunea petrolului şi gazelor naturale* (1949), Revista tehnică AGIR-Petrol, Nr. 2 şi 3.
12. *Atlas geofizic al Munteniei şi Olteniei* (1956), Centrul de multiplicare al Ministerului Industriei Petrolului şi Chimiei (în colab. cu Al. Stănciulescu).
13. *Notă asupra lucrării „Efectul gravimetric al limitei externe a flişului în Moldova de Nord"* (1957), Buletinul ştiinţific al Academiei R.P.R., Secţia de Geologie şi Geografie, Vol. II, Nr. 2.
14. *Structura geologică profundă a teritoriului R.P.R. după datele actuale geofizice (gravimetrice şi magnetice)* (1963), Studii şi cercetări de geofizică, Vol. I, Nr. 1 (în colab. cu Şt. Airinei, R. Botezatu, M. Socolescu, Sc. Stoenescu şi I. Vencov).
15. *Geologia petrolului şi gazelor naturale* (1964), Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti,
16. *Interpretarea geologică a prospecţiunilor geofizice* (1964), Centrul de multiplicare al Institutului de Petrol, Gaze şi Geologie din Bucureşti.
17. *Tectonica depresiunii sarmatopliocene între Buzău-Mărăşeşti şi Siret* (1965), Carpato-Balcan Geological Association, 7-th Congress, Sofia ; Studii şi cercetări de geologie, geofizică şi geografie, Seria de Geofizică, Tom 3, Nr. 2 (în colab. cu P. Constantinescu, A. Solomon, Vl. Teodorescu şi C. Toader).
18. *Geologia, prospectarea, explorarea şi ingineria zăcămintelor de petrol şi gaze* (1967), Curs postuniversitar sub egida UNESCO, Vol. 1—8, Centrul de multiplicare al Institutului de Petrol, Gaze şi Geologie din Bucureşti (în colaborare).
19. *La structure du soubassement moesien entre le Danube et les rivières de Ialomiţa, Buzău et Siret* (1967), Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie, Série de Géologie, Tome 11, No. 1 (în colab. cu I. Cornea, Al. Gheorghe, R. Gaşpar şi L. Tomescu-II).
20. *Structura avanfosei carpatice externe pe cursul inferior al Siretului la Sud de Bacău* (1969), Studii şi cercetări de geologie, geofizică şi geografie, Seria de Geofizică, Tom 7, Nr. 1 (în colab. cu L. Tomescu-II, Vl. Dumitrescu, Al. Braşoveanu, V. Şipoş şi C. Ursu).
21. *Rapports entre la structure profonde et la structure des complexes sédimentaires de la Dépression de Transylvanie* (1969), Carpato-Balcan Geological Association, 9-th Congress, Budapest ; Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae, Tomus 13 (în colab. cu D. Ciupagea şi Şt. Airinei).
22. *Seuils, horsts et cordillières dans la structure profonde des Carpates entre les Vallées de l'Olt et du Trotuş* (1971), Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie, Série de Géologie, Tome 15, No. 1 (în colab. cu Şt. Airinei, C. Barbu şi L. Tomescu-II).
23. *Interpretarea geologică a prospecţiunilor geofizice* (1973), Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucureşti (în colab. cu R. Botezatu şi M. Visarion).
24. *Începuturile prospecţiunilor geofizice româneşti* (1975), Studii şi cercetări de geologie, geofizică şi geografie, Geofizică, Tom 13 (în colab. cu T. P. Ghiţulescu).
25. *Zăcămintele de petrol şi gaze* (1977), în „Istoria ştiinţelor în România — Geologia, Geofizica, Geodezia, Geografia", Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucureşti.
26. *Geophysical contributions to the knowledge of the structure and tectogenesis of the Eastern Carpathians* (1977), Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie, Géophysique, Tome 21, No. 1 (în colab. cu R. Botezatu, L. Constantinescu, V. Lăzărescu şi M. Visarion).
27. *Geophysical information concerning the Carpathian fold belt in Romania* (1977), Revue Roumaine de Géologie, Géophysique et Géographie, Géophysique, Tome 21, No. 2 (în colab. cu R. Botezatu şi L. Constantinescu).

NICOLAE COMAN

1928—1978



La 17 august a decedat cel care a fost inginerul geofizican Nicolae Coman.

Născut în orașul Cîmpina, la data de 3 septembrie 1928, firul vieții sale s-a curmat brusc, după o scurtă dar grea suferință, cu cîteva zile înainte de a împlini frumoasa vîrstă de 50 ani, vîrstă la care ar fi trebuit să-și continue — în deplină capacitate creatoare — activitatea fructuoasă în folosul său, al familiei sale, al colectivului de muncă și al societății.

Educația pe care i-au imprimat-o din fragedă tinerețe părinții săi, maistrul cazangiu Nicolae Coman și mama Maria Coman, a fost o educație în care baza realizării umane o constituie munca și căutarea permanentă de perfecționare și de promovare a noului, a spiritului revoluționar.

Încă din școala medie și în continuare, în cursul facultății, pe lîngă efortul zilnic depus, ca fiecare din colegii săi de a-și însuși bazele unei culturi generale bine puse la punct și a unei culturi tehnico-științifice care să-i dea posibilitatea angrenării în activitatea productivă, Nicolae Coman a manifestat un puternic spirit revoluționar, angrenîndu-se cu entuziasm în activitatea organizației Uniunii Tineretului Muncitor, a Uniunii Asociației Elevilor și apoi în rîndurile Partidului Comunist Român, deținînd funcții de răspundere în cadrul acestora.

În anii de efervescență creatoare de la începutul perioadei de edificare a societății noastre socialiste de astăzi, s-a alăturat entuziasmului celorlalți tineri, participînd în calitate de brigadier la Șantierul de muncă patriotică a tineretului de la Salva-Vișeu.

După absolvirea în anul 1954 a facultății de geologie tehnică a Institutului de Petrol, Gaze și Geologie din București, cu specialitatea de inginer geofizician, Nicolae Coman s-a încadrat în producție la Întreprinderea Carotaj și Perforare (începîndu-și activitatea la 3 martie 1953) pe care n-a părăsit-o pînă în ultimul moment al vieții sale, curmate atît de nefiresc.

Tovarășii săi de muncă își amintesc cu dragoste de activitatea tînărului absolvent Nicolae Coman, la început ca operator pe instalațiile de carotaj — în cadrul șantierelor petroliere din țară, apoi urmînd pe treptele ierarhiei ca șef de bază la Pitești și Mediaș, apoi responsabil cu activitățile de protecția muncii, de invenții și inovații, de promovare a creației tehnice, culminînd cu funcția de mare răspundere de inginer șef adjunct, pe care a deținut-o timp de 11 ani.

Ultima clipă a vieții sale l-a găsit de asemenea într-o funcție importantă, de coordonator al celei mai mari secții productive a întreprinderii.

În întreaga sa activitate a manifestat o deosebită dăruire pentru colectivul de muncă din care a făcut parte, fiind un permanent promotor al noului, al creației tehnice avansate, dedicîndu-și întreaga capacitate creatoare îndeplinirii sarcinilor și dezvoltării capacității tehnice a întreprinderii.

În cursul activității a înregistrat peste 10 propuneri de inovații și raționalizări, precum și 4 propuneri de invenții, brevetate de O.S.I.M. din care amintim : *Aparatură de sondă pentru perforare cu gloanțe de 3 mm* și *Trusă de instrumentație pe cablu geofizic.*

În calitate de coordonator al diferitelor sectoare de muncă, a manifestat în paralel cu exigența necesară îndeplinirii sarcinilor de serviciu de către colectivele de muncă respective — un spirit de dreptate și de echitate care a făcut să fie respectat și chiar iubit de toți oamenii muncii din subordine, cît și de ceilalți colaboratori.

Deși cu cîțiva ani în urmă a suferit o grea intervenție chirurgicală, în urma căreia ar fi fost îndreptățit să aspire la un loc de muncă mai liniștit, Nicolae Coman nu s-a demobilizat, ci și-a continuat activitatea cu aceeași ardoare, ca să zicem așa, ca în prima tinerețe.

Trebuie amintită dorința continuă de perfecționare a celui ce a fost Nicolae Coman și pe baza absolvirii în anul 1962 a cursurilor post-universitare tehnico-economice în specialitatea petrol, acordîndu-i-se și titlul de inginer economist.

Ca o recunoaștere a activității sale, atît pe linia producției, cît și pe linie politică, Nicolae Coman a fost distins cu „Medalia Muncii" și cu „Medalia Jubiliară — a 50-a aniversare a P.C.R."

Dragostea de care s-a bucurat Nicolae Coman în rîndul tovarășilor de muncă, s-a manifestat cel mai pregnant chiar în ultimele zile ale vieții sale, cînd în efortul disperat al medicilor de a-i salva viața, tovarășii săi de muncă au fost alături, peste 40 din ei prezentîndu-se pentru donarea de sînge.

Dispariția prematură a inginerului Nicolae Coman a constituit o pierdere pentru geofizica românească, al cărei slujitor a fost timp de peste 24 de ani.

Alex. Babskov

REVISTE PUBLICATE ÎN EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

STUDII ŞI CERCETĂRI DE GEOLOGIE, GEOFIZICĂ ŞI GEOGRAFIE

- GEOLOGIE
- GEOGRAFIE
- GEOFIZICĂ
- GEOLOGIE

REVUE ROUMAINE DE GÉOLOGIE, GÉOPHYSIQUE ET GÉOGRAPHIE

- GÉOLOGIE
- GÉOGRAPHIE
- GÉOPHYSIQUE
- GÉOLOGIE

REVISTA STUDII ŞI CERCETĂRI DE GEOLOGIE, GEOFIZICĂ ŞI GEOGRAFIE-GEOFIZICĂ

publică studii şi cercetări originale, comunicări şi note din domeniile :

- gravimetrie,
- seismologie şi prospecţiuni seismice,
- fizica atmosferei şi meteorologie,
- geomagnetism şi aeronomie,
- electrometrie,
- prospecţiuni geofizice.

Manuscrisele se vor preda în două exemplare dactilografiate la două rînduri, iar formulele vor fi scrise clar şi citeţ cu cerneală, specificîndu-se pe margine sau prin sublinieri de diferite culori caracterele de literă sau semnele speciale. Nu se admit decît cel mult două corecturi de caractere de literă scrise cu tuş negru, pe o coală dactilografiată. Fiecare exemplar va fi însoţit de figuri şi de grafice, care se vor desena în tuş pe hîrtie de calc, de exemplificaţia figurilor, de tabele şi bibliografie. Indicaţiile bibliografice se vor da în următoarea ordine : numele complet al autorului, titlul revistei, volumul, pagina, anul (între paranteze). Pentru cărţi se vor da : titlul integral, editura, locul şi anul de apariţie.

LUCRĂRI APĂRUTE ÎN EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

FLORIAN MARINESCU, Stratigrafia neogenului din vestul Bazinului Dacic, 1978, 156 p., 34 fig., 6 pl., 17 lei.

* * * sub redacția S. Ștefănescu, G. Murgeanu, V. Mihăilescu, Istoria științelor în România. Geologia, geofizica, geodezia, geografia, 1977, 324 p., 15 lei.

MIHAI CIOBANU, Fauna fosilă din oligocenul de la Piatra Neamț, 1977, 160 p., 48 pl., 22 lei.

V. IANOVICI ș.a. Geologia Munților Apuseni, 1976, 743 p., 40 pl., 55 lei.

ION PETREUȘ, Pirita sedimentară, 1976, 134 p., 11 lei.

MIHAI BĂLAN, Mineralogia zăcămintelor manganifere de la Iacobeni, 1976, 124 p., 52 pl., 13,50 lei.

Atlasul Republicii Socialiste România, Fascicula I, 1974, 8 pl., 200 lei; Fascicula II 1975, 12 pl., 200 lei; Fascicula III, 1977, 21 pl., 150 lei; Fascicula IV, 1978, 21 pl., 150 lei.

IULIAN GAVAT, RADU BOTEZATU și MARIUS VISARION, Interpretarea geologică a prospecțiunilor geofizice, 1973, 575 p., 9 pl., 41 lei.

St. cerc. geol., geofiz., geogr., GEOFIZICĂ, T. 17, Nr. 1, p. 1—158, București, 1979

I. P. Informația c. 1044

43 867

Lei 40

F1578 66
REFERÁLVA

ACADEMIA REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

STUDII ȘI CERCETĂRI DE GEOLOGIE GEOFIZICĂ GEOGRAFIE

GEOFIZICA

2

TOMUL 17

1979

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

ACADEMIA REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

Colegiul de redacţie

Redactor şef:

ACAD. SABBA ŞTEFĂNESCU

Redactor şef adjunct:

Prof. LIVIU CONSTANTINESCU, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România

Membri:

Prof. RADU BOTEZATU, membru corespondent al Academiei Republicii Socialiste România, DRAGOMIR ROMANESCU, MARIUS VISARION

Secretar responsabil de redacţie: DOREL ZUGRĂVESCU

Toute commande de l'étranger pour les travaux parus aux Editions de l'Académie de la République Socialiste de Roumanie sera adressée à ILEXIM Departamentul Export-Import Presă POB 136—137—télex: 11226—Bucarest, 3, 13 Decembrie Roumanie.

În ţară abonamentele se primesc la oficiile poştale, agenţiile poştale, factorii poştali şi difuzorii de presă din întreprinderi şi instituţii. Revistele se pot procura (direct sau prin poştă) şi prin PUNCTUL DE DESFACERE din cadrul Editurii Academiei.

Manuscrisele, cărţile şi revistele pentru schimb, precum şi orice altă corespondenţă, se trimit la Comitetul de redacţie al revistei pe adresa: str. Alex. Sahia nr. 19—21, 70201—Bucureşti.

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA
Bucureşti, Calea Victoriei 125, 71021, tel. 50 76 80

1980 IAN 2 2

STUDII ŞI CERCETĂRI
DE
GEOLOGIE
GEOFIZICĂ
GEOGRAFIE

GEOFIZICĂ

TOM. 17, NR. 2 1979

SUMAR

DOREL ZUGRĂVESCU, IL. FĂTULESCU, R. DOROBANŢU, C. MACARIE, Corelaţia dintre momentul declanşării cutremurelor cu focarul în Vrancea şi mareele terestre 161
I. CORNEA, G. POLONIC, Date privind seismicitatea şi seismotectonica părţii de est a platformei Moesice 167
D. ENESCU, A. PĂNTEA, V. SMALBERGHER, Spectre Fourier şi accelerograme sintetice ale mişcării solului produsă în zona Bucureşti de puternicul cutremur vrincean din 4 martie 1977 177
M. VISARION, M. SĂNDULESCU, Structura subasmentului Depresiunii Pannonice în România (sectoarele central şi sudic) 191
S. RĂDAN, M. RĂDAN, Asupra proprietăţilor magnetice ale bauxitelor din Munţii Pădurea Craiului 203
D. PAICU, P. CONSTANTINESCU, S. SPĂNOCHE, B. STANCHEVICI, P. CRISTEA, Asupra posibilităţilor prospecţiunilor seismice în formaţiuni cristaline 213
M. BELU, M. IANĂŞ, Unele aspecte ale modelării seismice tridimensionale . . 223
V. CHIŞCAN, M. COSTESCU, G. IONESCU, V. VARODIN, Investigarea tridimensională în prospecţiunea seismică prin tehnica profilului lat 237
V. VARODIN, G. IONESCU, V. G. BURUIANĂ, C. PETRE, Aspecte ale profilării verticale în ţara noastră 249
FL. RĂDULESCU, Estimarea efectului de relief manifestat în prospecţiunea aero-spectrometrică gamma 265
M. DUICU, L. FLORIAN POP, ALUNA ZUGRĂVESCU, Metoda de atenuare gamma pentru determinarea cantitativă a plumbului din minereuri complexe şi produse de flotaţie ale acestora 273
M. DUICU, Metodă rapidă de analizare prin fluorescenţă X a cuprului conţinut în probe de roci şi minereuri recoltate din zăcământul Leşu Ursului . . . 293
R. BOTEZARU, 30 de ani de învăţământ ingineresc de geofizică în România . . 313
ŞT. AIRINEI, Viaţa şi activitatea lui Nicolae D. Milea 321

Recenzie 325

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM. 17, NR. 2, P. 159–326, BUCUREŞTI, 1979

STUDII ŞI CERCETĂRI
DE
GEOLOGIE
GEOFIZICĂ
GEOGRAFIE

GEOFIZICĂ

TOM. 17, NR. 2 1979

SUMAR

DOBREI ZUGRĂVESCU, M. FĂTULESCU, P. DOROBANŢU, C. MACARIE
Cercetări ultrasonore pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale unor roci de mare porozitate 161

I. GORNEA, G. POPOVICI, Date privind seismicitatea şi seismotectonica părţii de est a platformei Moesice 167

D. ENESCU, A. PĂNTEA, V. SĂNDULESCU, Spectre Fourier şi autocorelograme sintetice ale teleseismelor produse în zona Vrancei de puternicul cutremur vrâncean din 4 martie 1977 177

M. VISARION, M. SĂNDULESCU, Structura adâncă a domeniului Depresiunii Panonice în România (sectorul central şi nordic) 191

S. RĂDAN, M. RĂDAN, Aspecte privitoare la geneza şi evoluţia depozitelor din munţii Făgăraş 203

D. PĂUCĂ, P. CONSTANTINESCU, S. SPĂNOCHE, B. STĂNCHEVICI, F. CRISTEA, Aspecte privind posibilităţile de prospectare a zăcămintelor de sare gemă din Depresiunea Transilvaniei 213

M. BRILL, M. IANAŞ, Unele aspecte ale modelării seismice tridimensionale . . . 223

V. CHIŞCAN, M. CONSTANTINESCU, G. IONESCU, V. VARODIN, Investigarea tridimensională în prospecţiunea seismică prin tehnica profilului lat 231

V. VARODIN, G. IONESCU, V. G. BULHEIANĂ, G. PETRE, Aspecte ale profilării verticale în lucrările de prospecţiune seismică 249

M. RĂDULESCU, Estimarea efectului de relief manifestat în prospecţiunea aero-spectrometrică gamma 265

M. DRĂGU, I. BLOHIAN, FOR. ALINA ZUGRĂVESCU, Metoda de atenuare gamma pentru determinarea cantitativă a plumbului din minereuri cu pietre şi prezenţa de floriţe ale acestora 273

M. DRĂGU, Metodă rapidă de analizare prin fluorescenţă X a cuprului conţinut în probe de rocă şi minereuri provenite din zăcămintele Lepu (Teuşul . . . 283

I. BOTEZATU, 30 de ani de învăţământ universitar de geofizică în Bucureşti . . . 311

ŞT. AIRINEI, Viaţa şi activitatea lui Nicolae D. Miller 311

Recenzie 325

CORELAȚIA DINTRE MOMENTUL DECLANȘĂRII CUTREMURELOR CU FOCARUL ÎN VRANCEA ȘI MAREELE TERESTRE

DE

DOREL ZUGRĂVESCU, IL. FĂTULESCU, R. DOROBANȚU, C. MACARIE

Centrul de fizica Pămîntului și seismologie, București-Măgurele

Printre declanșatorii cutremurelor de pămînt se situează și mareele terestre, prin tensiunile suplimentare variabile pe care le suprapun tensiunilor tectonice responsabile de producerea cutremurelor de Pămînt.

Pentru a stabili în ce măsură mareele terestre se situează printre declanșatorii cutremurelor de pămînt cu focarul în țara noastră a fost studiată corelația dintre repartiția în timp a acestor cutremure (perioada 1 apr. 1977—1 apr. 1978) și variația în timp a gravitației înregistrată la Observatorul gravimetric Căldărușani [1] cu gravimetrul BN—14 [2].

În figura 1 este reprezentată variația în timp a gravitației în intervalul 1 ian. 1978 — 12 feb. 1978 (curba continuă), momentele de declanșare a cutremurelor vrîncene (cele cu $M \geqslant 3$ notate •, cele cu $M < 3$ notate 0) și momentele de declanșare a cutremurelor cu focarele în alte zone ale R. S. România (notate x).

Pentru a stabili dependența statistică dintre momentele de declanșare a cutremurelor de pămînt și punctele caracteristice ale curbei de maree terestre înregistrate, porțiunea dintre două puncte de inflexiune de același semn a fost aproximată prin sinusoida:

$$\Delta g = \Delta g_0 \sin \omega t \qquad (1)$$

reprezentată în figura 2 d.

În figura 2 este reprezentată sub formă de histograme distribuția în timp care sugerează dependența dintre numărul de cutremure vrîncene N și poziția lor pe sinusoida (1); figura 2 c reprezentînd dependența respectivă pentru $M < 3$, figura 2 b pentru $M \geqslant 3$ și figura 2 a pentru toate cutremurele vrîncene, indiferent de magnitudinea lor. Astfel, pentru perioada studiată, din cele 369 de cutremure vrîncene cu $M < 3$ (fig. 2 c) 44,7% se situează în apropierea extremelor (20,9% în apropierea maximelor și 23,8% în apropierea minimelor), iar din cele 51 de cutremure cu $M \geqslant 3$ (fig. 2 b) 51% se situează în apropierea extremelor (29,4% în apropierea maximelor și 21,6% în apropierea minimelor). Pentru totalitatea celor 420 de cutremure vrîncene, înregistrate în perioada analizată, se vede că (fig. 2 a) 45,5% sînt situate în apropierea extremelor mareice (21,9% în apropierea maximelor și 23,6% în apropierea minimelor).

În figura 3 este prezentată dependența dintre numărul N de cutremure superficiale declanșate în aceeași perioadă de timp (1 apr. 1977—1 apr. 1978) pe teritoriul țării noastre în alte zone decît zona Vrancea și punctele caracteristice ale sinusoidei (1). Se observă că în acest caz depen-

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 2, P. 161—165, BUCUREȘTI, 1979

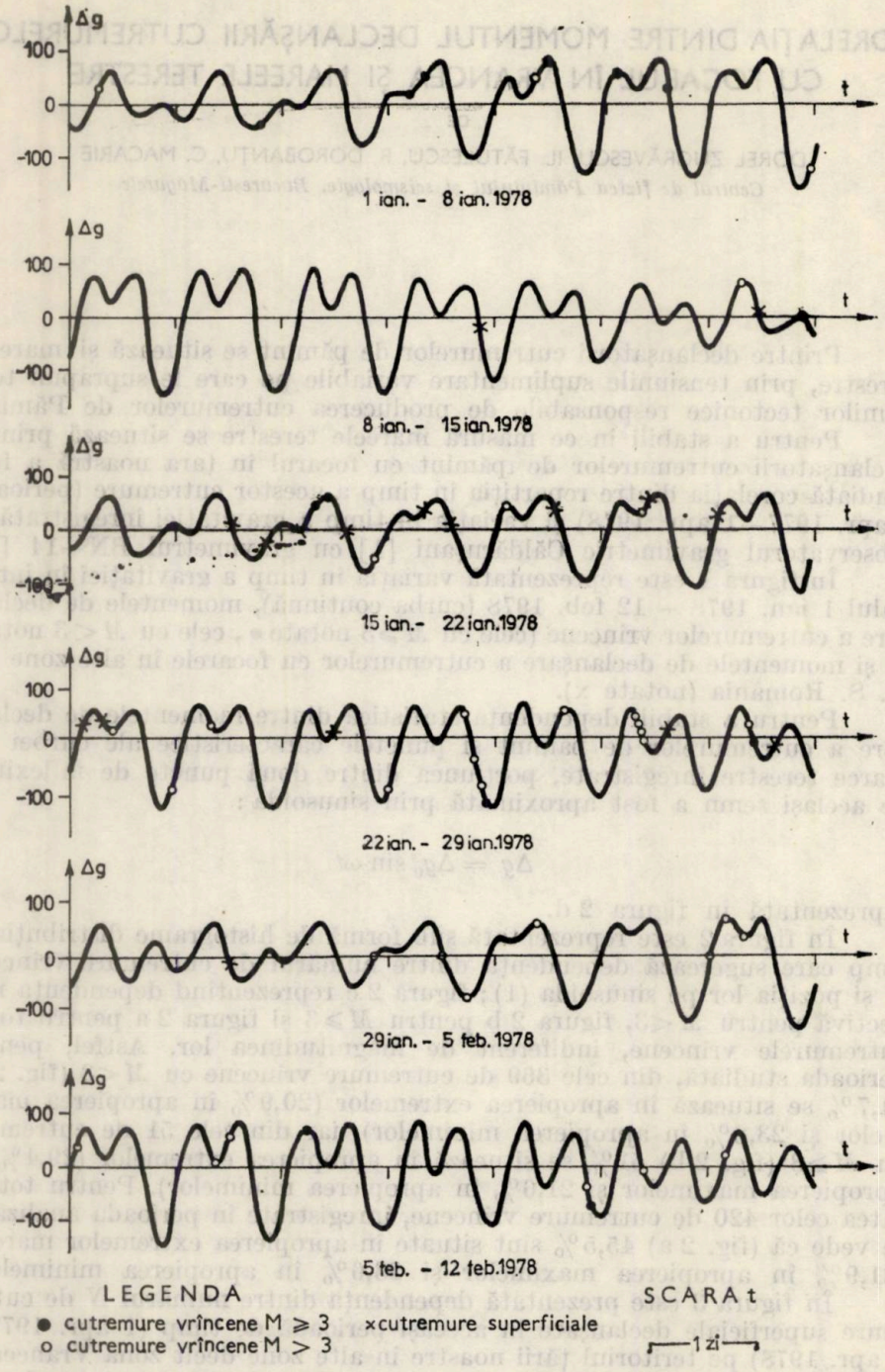


Fig. 1. — Variația în timp a gravității înregistrată la Observatorul gravimetric Căldărușani în intervalul 1 ian. 1978—12 feb. 1978 și momentele de declanșare a cutremurelor cu focare situate pe teritoriul R.S. România.

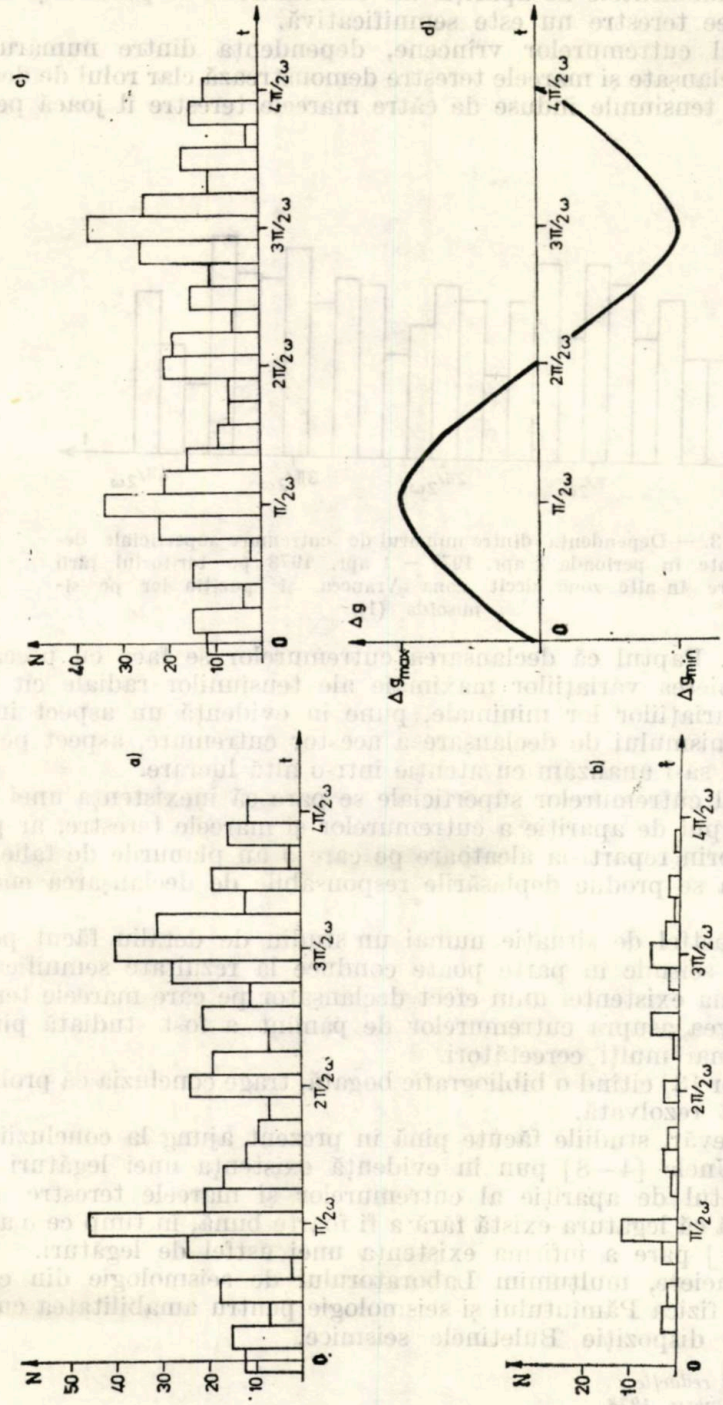


Fig. 2. — Dependența dintre numărul de cutremure vrîncene declanșate în perioada 1 apr. 1977—1 apr. 1978 și poziția lor pe sinusoida (1): 2a — cutremure vrîncene de toate magnitudinile; 2b — cutremure vrîncene cu $M \geq 3$; 2c — cutremure vrîncene cu $M < 3$; 2d — aproximarea porțiunii dintre două puncte de inflexiune de același semn a curbei de maree terestre prin sinusoida (1).

dența dintre momentele de apariție ale cutremurelor respective și extremele de maree terestre nu este semnificativă.

În cazul cutremurelor vrîncene, dependența dintre numărul de cutremure declanșate și mareele terestre demonstrează clar rolul de declanșator pe care tensiunile induse de către mareele terestre îl joacă pentru

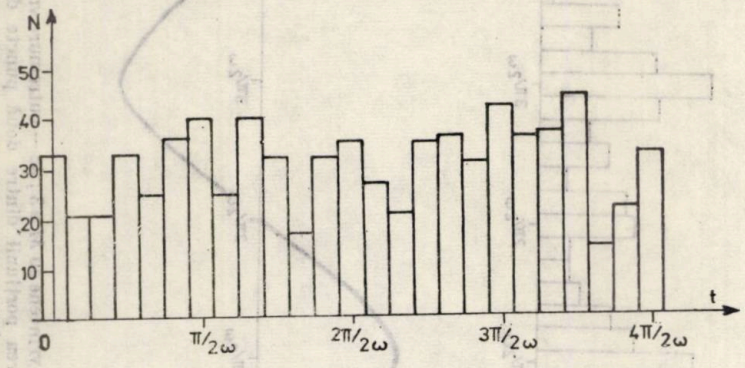


Fig. 3. — Dependența dintre numărul de cutremure superficiale declanșate în perioada 1 apr. 1977 — 1 apr. 1978 pe teritoriul țării noastre în alte zone decît zona Vrancea și poziția lor pe sinusoida (1).

această zonă. Faptul că declanșarea cutremurelor se face cu precădere atît în apropierea variațiilor maximale ale tensiunilor radiale cît și în apropierea variațiilor lor minimale, pune în evidență un aspect interesant al mecanismului de declanșare a acestor cutremure, aspect pe care ne propunem să-l analizăm cu atenție într-o altă lucrare.

În cazul cutremurelor superficiale se pare că inexistența unei corelări între timpul de apariție a cutremurelor și mareele terestre, ar putea fi explicată prin repartiția aleatoare pe care o au planurile de falie de-a lungul cărora se produc deplasările responsabile de declanșarea energiei seismice.

Într-o astfel de situație numai un studiu de detaliu făcut pentru fiecare focar seismic în parte poate conduce la rezultate semnificative.

Problema existenței unui efect declanșator pe care mareele terestre l-ar putea avea asupra cutremurelor de pămînt a fost studiată pînă în prezent de mai mulți cercetători.

Melchior [3] citînd o bibliografie bogată, trage concluzia că problema nu este încă rezolvată.

Într-adevăr, studiile făcute pînă în prezent ajung la concluzii contradictorii. Unele [4—8] pun în evidență existența unei legături clare între momentul de apariție al cutremurelor și mareele terestre, altele [9—10] arată că legătura există fără a fi foarte bună, în timp ce o a treia categorie [11] pare a infirma existența unei astfel de legături.

În încheiere, mulțumim Laboratorului de seismologie din cadrul Centrului de fizica Pămîntului și seismologie pentru amabilitatea cu care ne-a pus la dispoziție Buletinele seismice.

Primit la redacție
la 4 octombrie 1978

BIBLIOGRAFIE

1. D. ZUGRĂVESCU (1967), *La station pour l'enregistrement des marées terrestres de l'Observatoire gravimétrique de Căldărușani*. Rev. Roum., Géol. Géophys. et Géogr., Série de Géophysique, **11**, *1*.
2. M. BONATZ (1973), *Gezeitenregiestrierung mit einem auf kapazitiven Abgriff umgerüsteten Askania Gravimeter GS 12*. Mitt. Inst. f. Theor. Geod. Heft 22, Bonn.
3. P. MELCHIOR (1978), *The Tides of the Planet Earth*. Pergamon Press.
4. A. SARDARIAN (1971), *O prognozirovanii zemletriasenii s pomoșciu izuceniia variații sil. tiajesti*. Molodoi nauci. rabotnik estestv. nauc, 2, p. 82—85, Izdat. nauk, Moskva.
5. KO NAGASAWA (1973), *Corelație între cutremurele de Pămînt și poziția Lunii și Soarelui* (jap.) J. Geod. Soc. Jap., **19**, *4*, p. 179—186.
6. D. BLOXSOM (1974), *San Fernando fault earthquakes and earthtides*. Bull. Seismol., Soc. Amer., **64**, *6*, p. 2005—2006.
7. V. A. ȘIROKOV (1977), *Vliianie kosmiceskih faktorov na gheodinamiesskuiu obstanovku i ee dolgosrocinli prognoz dlea severozapadnogo uceastka Tihookeanskoi tektoniceskoi zoni*. Sb. Vulkanizm i gheodinamika, p. 103—115, Izdat. nauk, Moskva.
8. W. A. SAUCK (1975), *The Brawley, Calif. earthquakes sequence of Jan.* 1975, *and triggering by earth tides*. Geophys. Res. Lett., **2**, *11*, p. 506—509.
9. T. H. HEATON (1975), *Tidal triggering of earthquakes*. Geophys. J. Roy. Astron. Soc., **43**, *2*, p. 307—326.
10. F. W. KLEIN (1976), *Earthquake swarms and the semidiurnal solid Earthtides*. Geophys. J. R. astr. Soc., **45**, *2*, p. 245—295.
11. L. KNOPOFF (1964), *Earth Tides as a triggering mechanism for earthquakes*. Proceedings of the United States-Japan Conf. on research related to earthquake predictions problems, University of California, Los Angeles, p. 61—66.

THE CORRELATION BETWEEN THE VRANCEA EARTHQUAKES TRIGGERING AND THE EARTH TIDES

(ABSTRACT)

The earth tides, by their additional variable stresses superimposed on the tectonic stresses have a triggering effect for the earthquakes.

In this note the dependence between the Vrancea earthquakes and the earthtides (in the interval 1 Apr. 1977—1 Apr. 1978) is studied. It is shown that 44.7% of the 369 Vrancea earthquakes with $M<3$ and 51% of the 51 Vrancea earthquakes with $M\geqslant 3$ are situated near the tide extrema.

DATE PRIVIND SEISMICITATEA ŞI SEISMOTECTONICA PĂRŢII DE EST A PLATFORMEI MOESICE

DE

ION CORNEA şi GABRIELA POLONIC

Centrul de fizica Pămîntului şi seismologie, Bucureşti

Activitatea seismică cunoscută în partea de est a Platformei Moesice a suferit, după seismul din 4 martie 1977, o deosebită intensificare.

Studiul acestei activităţi, cu seisme ce îşi au focarul în scoarţa terestră, a permis corelarea cu particularităţile structurale regionale.

Lucrarea de faţă îşi propune să prezinte relaţiile dintre distribuţia spaţială a activităţii seismice şi activitatea tectonică, în vederea determinării modelului acestor procese ce au loc în platformă.

ACTIVITATEA SEISMICĂ

Date privind seismicitatea acestei regiuni sînt cuprinse în lucrările întocmite de Florinescu (1958), Atanasiu (1961), Iosif (1960), Iosif şi Iosif (1971), Radu (1974), Cornea şi Radu (1975).

Principalii parametrii ai seismelor asupra cărora avem informaţii sînt sintetizaţi în tabela 1.

Informaţiile se referă la data şi ora producerii cutremurului, coordonatele epicentrului, adîncimea focarului, intensitatea în epicentru I_0, magnitudinea M şi energia E. Subliniem că numai la cutremurele produse după 1960 s-au făcut determinări de magnitudine după înregistrări instrumentale, la celelalte magnitudinea s-a calculat, pe baza intensităţii în epicentru, conform formulei (Radu 1974) :

$$M = 0{,}66\, I_0 + 1{,}23 \tag{1}$$

Aceeaşi relaţie s-a folosit pentru calcularea intensităţii în epicentru, la acele cutremure la care se cunoştea magnitudinea.

Energia E, pentru seismele notate în această regiune, s-a calculat folosind relaţia (Gutenberg, Richter 1956) :

$$\log E = 11{,}8 + 1{,}5\, M \tag{2}$$

Catalogul cutremurelor din această regiune a fost completat cu datele obţinute după seismul din 4 martie 1977, cînd, în urma extinderii reţelei seismice şi echipării staţiilor cu aparatură de înaltă sensibilitate, a fost posibilă urmărirea microactivităţii seismice locale, care a înregistrat o intensificare neobişnuită.

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM. 17, NR. 2, P. 167–176, BUCUREŞTI, 1979

Tabela 1

Catalogul cutremurelor produse în partea de est a Platformei Moesice

Nr.	Data	Ora	N	E	h	M	I_0	E (erg)	Zona epicentrală	Sursa
1	1897 XI 25	23 :50	44°42,7′	26°35,5′	30	3,8	IV	$3,17.10^{17}$	Urziceni	AI, FA
2	1898 X 26	15 :32	44°42,7′	26°35,5′	30	3,8	IV	$3,17.10^{17}$	Urziceni	AI, FA
3	1900 VI 22	14 :11 :43	44°25,4′	26°08,7′	15	2,5	II	$3,55.10^{15}$	București	AI, FA
4	1901 II 16	noaptea	44°56	26°18,3′	30	3,8	IV	$3,17.10^{17}$	Tomșani	AI
5	1903 II 1	23 :50	44°49′	25°55′	30	3,2	III	$3,99.10^{16}$	Cocorăști	AI, FA
6	IV 11	01 :00	44°56′	26°01′	30	2,5	II	$3,55.10^{15}$	Ploiești	AI, FA
7	1904 VI 6	14 :25	44°43	27°26′	30	3,8	IV	$3,17.10^{17}$	Iazu	AI
8	1905 VIII 5	08 :19	44°25,4′	26°08,7′	15	2,5	II	$3,55.10^{15}$	București	AI, FA
9	XI 18	13 :40	44°15,7′	26°17′	15	3,2	III	$3,99.10^{16}$	Vidra	AI, FA
10	1907 VI 9	02 :09	44°43′	27°26′	30	2,5	II	$3,55.10^{15}$	Iazu	RC
11	VIII 13	02 :12	44°25,4′	26°08,7′	15	2,5	II	$3,55.10^{15}$	București	RC
12	1910 I 14	07 :05	44°25,4′	26°08,7′	15	2,5	II	$3,55.10^{15}$	București	AI, FA
13	XI 7	15 :29	44°25,4′	26°08,7′	15	2,5	II	$3,55.10^{15}$	București	AI
14	1916 V 18	23 :55	44°57,3′	27°00′	30	2,5	II	$3,55.10^{15}$	Pogoanele	AI, RC
15	1960 I 4	12 :51 :52	44°6′	27°00′	40	5,4	VI	$7,95.10^{19}$	Căzănești	RC
16	1967 II 27	21 :00 :43	44°8′	26°6′	46	5,0	V	$2,00.10^{19}$	Rădulești	RC
17	1975 II 8	08 :21 :00	45°9′	26°0′	31	4,6	IV	$5,02.10^{18}$	Plopeni	RC
18	1977 III 9	03 :25 :27,4	45°01,0′	26°16,1′	25,7	3,3	III	$5,63.10^{16}$	Urlați	GIK
19		03 :52 :50,0	45°04,3′	26°18,3′	35,6	2,5	II	$3,55.10^{15}$	Gornetu Cricov	GIK

20	1977	III 12	08 :18 :29,8	44°56,7′	26°10,2′	36,2	(2,0)	I	$6,31 \cdot 10^{14}$	Berceni	GIK
21		III 13	22 :06 :49,4	44°58,7′	26°18,7′	23,8	3,0	II—III	$2,00.10^{16}$	Tomșani	GIK
22		III 26	21 :50 :55,1	44°17,3′	26°41,1′	37,3	3,5	III	$1,13.10^{17}$	Cioruşel	GIK
23			22 :21 :20,0	44°30,9′	26°32,4′	29,8	3,4	III	$7,95.10^{16}$	Fundulele	GIK
24		III 28	22 :20 :04,4	44°33,3′	26°24,7′	24,5	3,7	III—IV	$2,24.10^{17}$	Hagieşti	GIK
25		III 29	17 :16 :28,5	44°25,9′	26°19,6′	57,6	3,4	III	$7,95.10^{16}$	Cernica	GIK
26		IV 1	07 :26 :51,6	44°41,5′	26°21,0′	2,4	3,1	II—III	$2,82.10^{16}$	Fierbinţi	GIK
27			17 :04 :58,4	44°32,8′	26°03,9′	8,8	3,1	II—III	$2,82.10^{16}$	Otopeni	GIK
28		IV 2	23 :18 :07	44°57,3′	26°27′	30	3,4	III	$7,95.10^{16}$	Baba Ana	CFPS
29		IV 6	12 :12 :33,5	44°63′	26°27′	20	3,6	III	$1,59.10^{17}$	est Căciulaţi	CFPS
30		IV 13	01 :06 :08,1	44°42,0	20°19,5′	70,6	2,4	II	$2,52.10^{15}$	vest Fierbinţi	GIK
31		IV 20	21 :16 :17	44°30′	26°30′	22	3,9	IV	$4,47.10^{17}$	Frumuşani	CSEM
32		IV 20	22 :17 :27	44°30′	26°30′	22	3,4	III	$7,95.10^{16}$	Frumuşani	CSEM
33		IV 30	01 :37 :09,2	44°29,3′	26°13,4′	10	(20)	0	$6,31.10^{14}$	Pantelimon	GIK
34		VI 29	18 :17 :27	44°60′	26°23′	20	3,6	III	$1,59.10^{17}$	Vărăşti	CFPS
35		VI 29	18 :48 :42	44°60′	26°23′	20	1,8	0	$3,17.10^{14}$	Vărăşti	CFPS
36		VI 29	18 :57 :07,5	44°60′	26°23′	20	1,9	0	$4,47.10^{14}$	Vărăşti	CFPS
37		VI 29	19 :26 :39,5	44°60′	26°23′	20	2,1	0	$8,96.10^{14}$	Vărăşti	CFPS
38		VI 29	21 :46 :04,5	44°60′	26°23′	20	2,8	II	$1,00.10^{16}$	Vărăşti	CFPS
39		VI 29	22 :06 :11	44°60′	26°23′	20	1,7	0	$2,24.10^{14}$	Vărăşti	CFPS
40		VI 29	22 :08 :42	44°60′	26°23′	20	1,8	0	$3,17.10^{14}$	Vărăşti	CFPS
41		XII 1	12 :57 :41,5	44°54′	25°94	15	3,7	III—IV	$2,24.10^{17}$	Periş	CFPS

F.A. — Florinescu A.
A.I. — Atanasiu I.
R.C. — Radu Cornelius
C.F.P.S. — Centrul de fizica Pămîntului şi seismologie
GIK — Geophysikalisches Institut Karlsruhe
CSEM— Centre Séismologique Européo-Méditerranéen Strasbourg

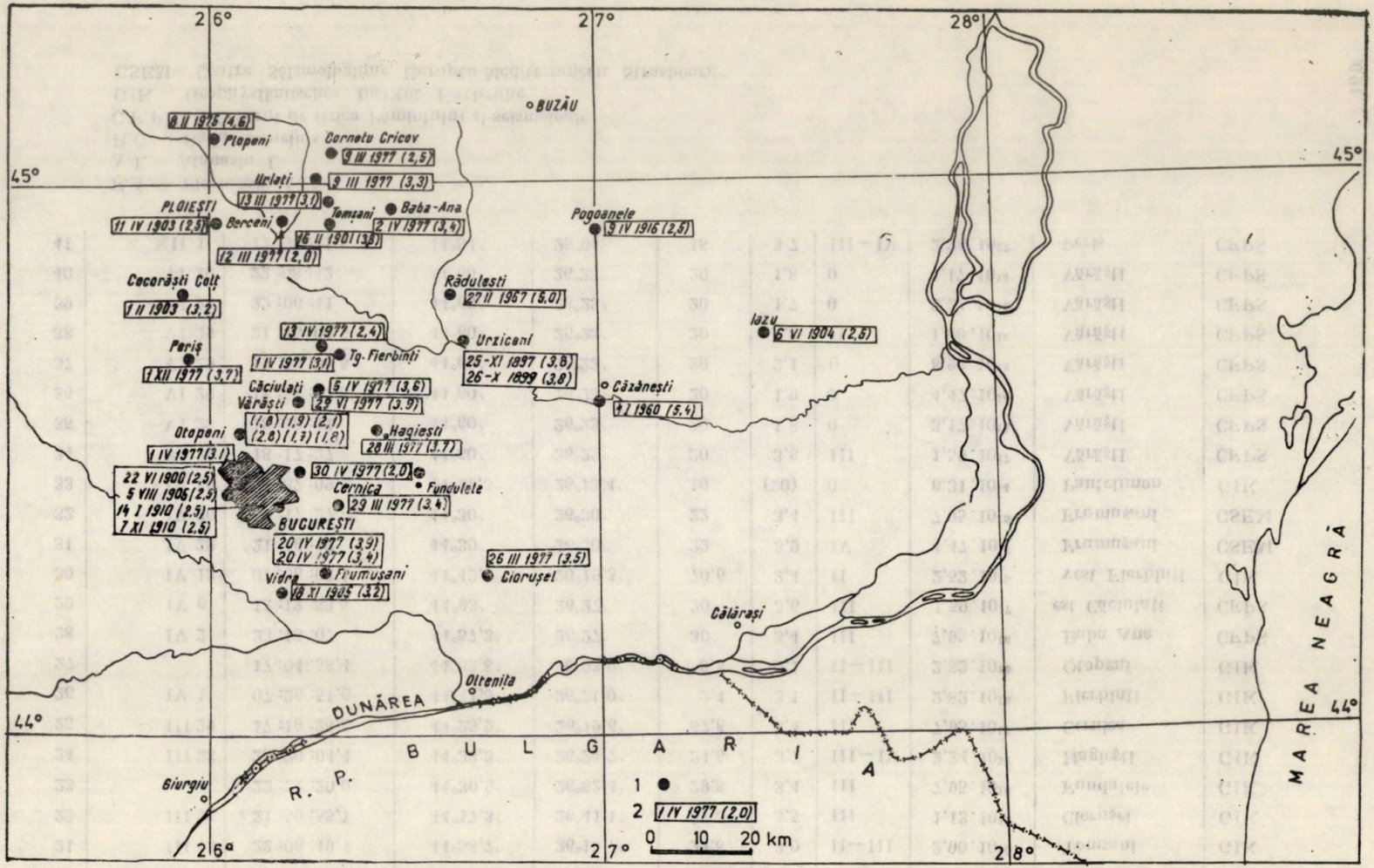


Fig. 1 — Distribuția epicentrelor în partea de est a Platformei Moesice. 1 = epicentru ; 2 = data și magnitudinea

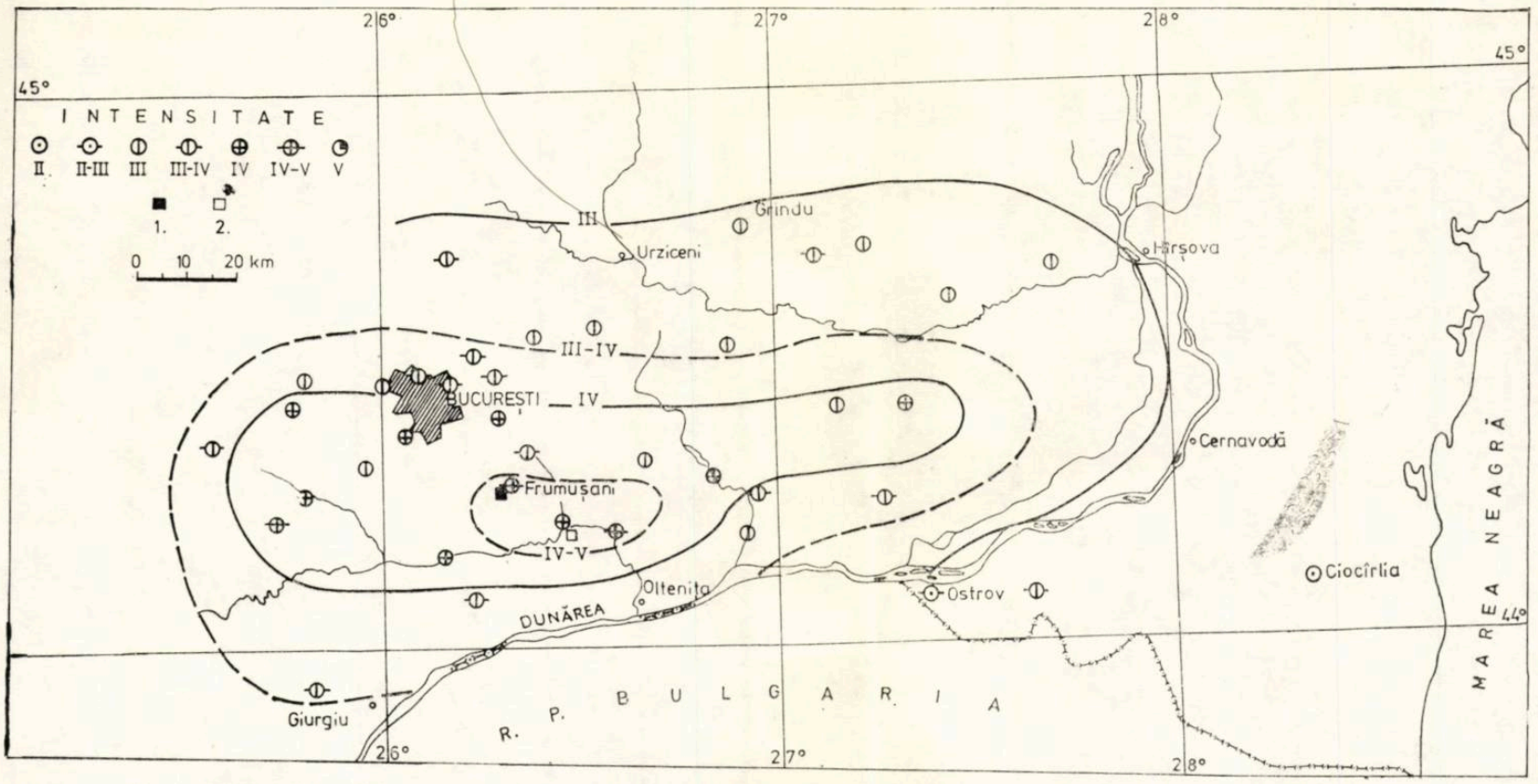


Fig. 2 — Harta macroseismică a cutremurului din 20 aprilie 1977. 1 = epicentru instrumental (Ei); b = epicentru macroseismic (Em)

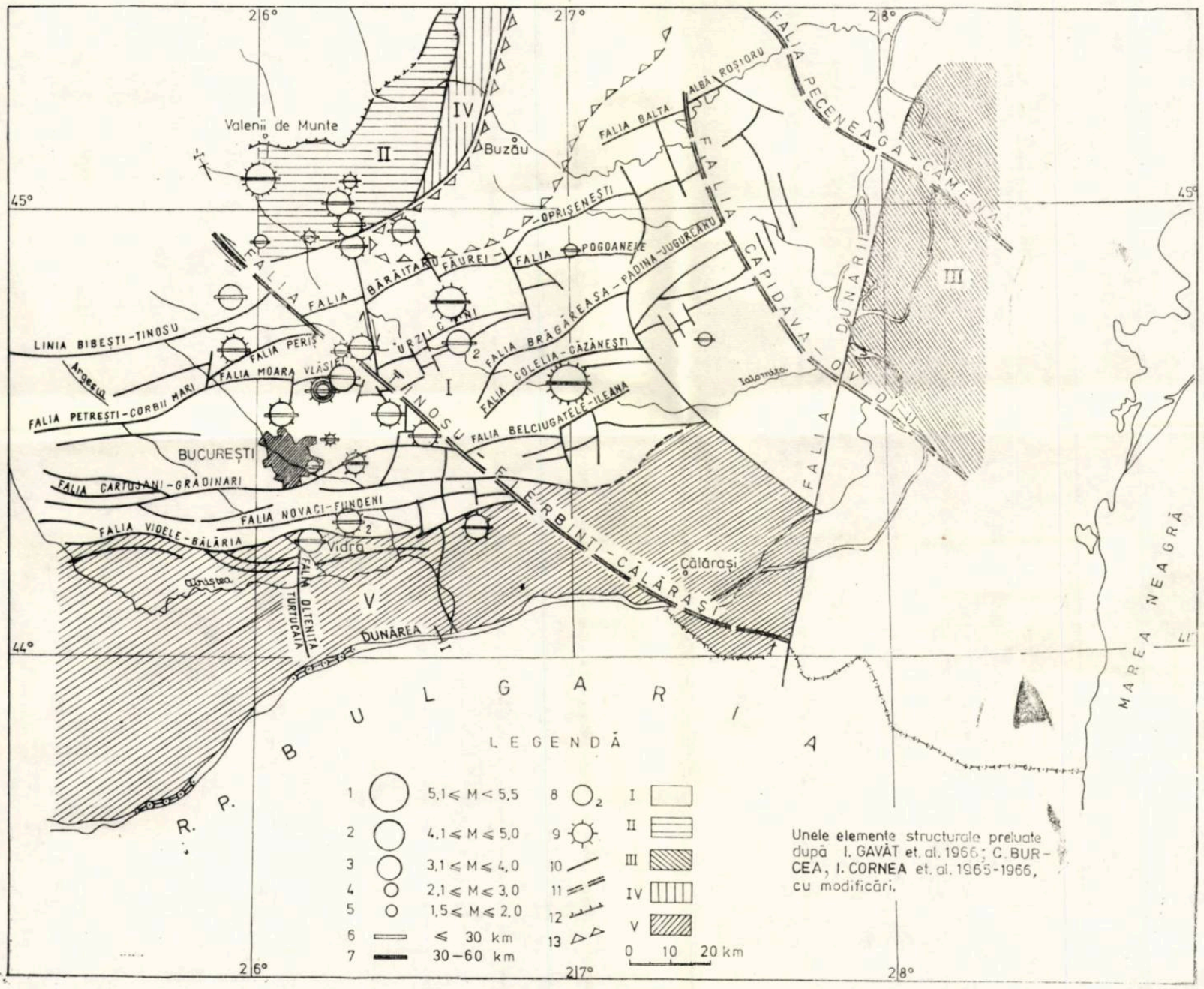
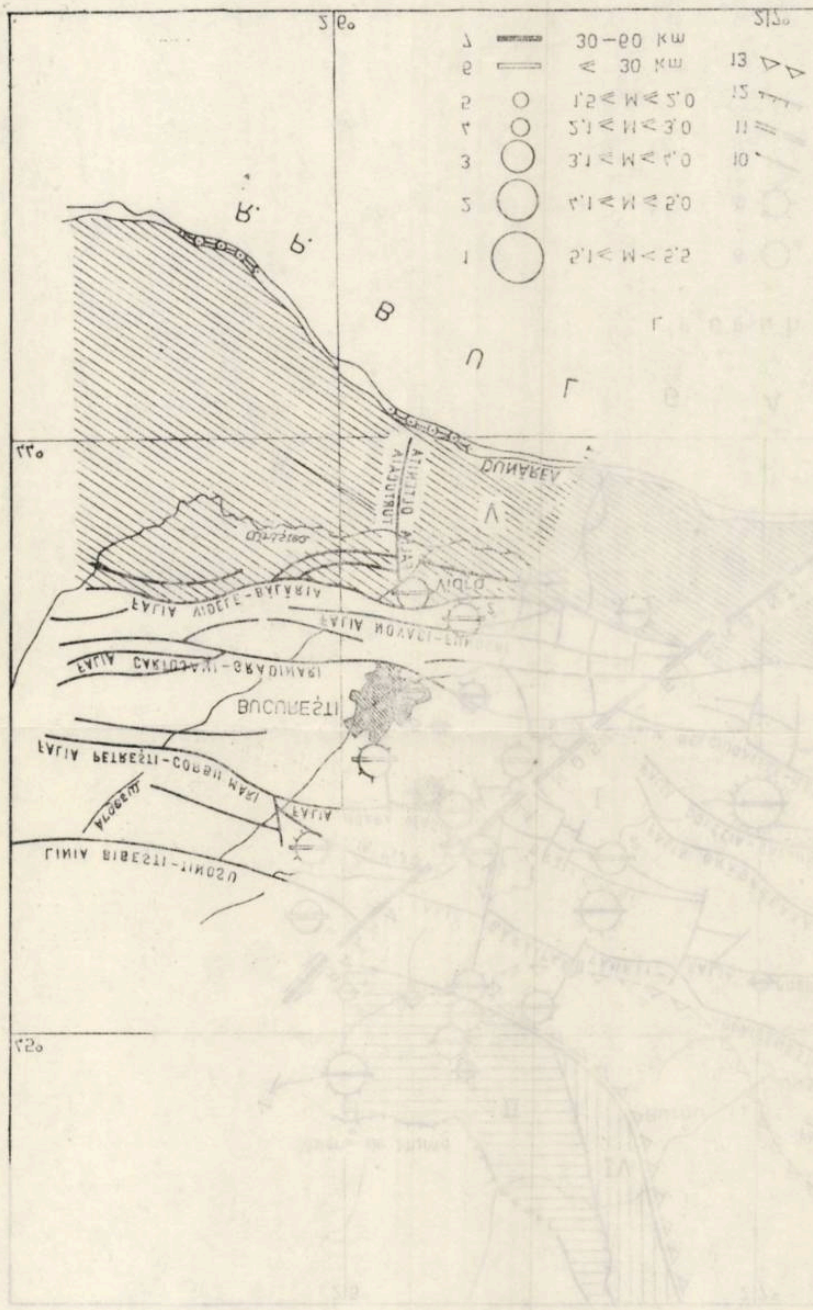


Fig. 3 — Harta seismotectonică a părții de est a Platformei Moesice. 1—5 = magnitudinea; 6—7 = adîncimea focală; 8 = epicentru macroseismic, număr de cutremure; 9 = epicentru instrumental; 10 = falie; 11 = falie crustală; 12 = linie de încălecare; 13 = subsidența maximă. Mișcări verticale recente I = zone afectate de mișcări continui de subsidență; II = zone afectate de mișcări continui de ridicare; III = zone relativ stabile. Mișcări inverse IV = zone subsidente în Mio—Pliocen și ridicate în Cuaternar; V = zone ridicate în Mio—Pliocen și subsidente în Cuaternar.

Fig. 3 — Harta seismotectonică a părții de est a Platformei Moesice. 1—5 = magnitudinea; 6—7 = adîncimea locală; 8 = epicentru macroseismic, număr de cutremure; 9 = epicentru instrumental; 10 = falie; 11 = falie crustală; 12 = linie de încălecare; 13 = subsidența maximă. Mișcări verticale recente 1 = zone afectate de mișcări continui de subsidență; 11 = zone relativ stabile

Mișcări verticale recente 1 = zone afectate de mișcări continui de subsidențe in Cuaternar



Calculul magnitudinii seismelor înregistrate s-a făcut cu ajutorul relației (Lee et al. 1972):

$$M = -0{,}87 + 2{,}0 \lg \tau + 0{,}0035\, K(S-P) \quad (3)$$

Determinarea poziției epicentrelor seismelor produse după 4 martie 1977 s-a efectuat de către CFPS cu ajutorul programului de calcul (autor Rothé, modificat și adaptat de Șteflea și Șmalbergher — 1977), în limbaj FORTRAN IV, rulat pe un calculator IBM—370 și de către G.I.K. cu programul HYPO 71 (Lee & Lahr 1972).

La întocmirea hărții cu distribuția epicentrelor (fig. 1), s-au luat în considerație datele menționate mai sus.

Din analiza materialului prezentat rezultă că în sectorul estic al Platformei Moesice seismele au o magnitudine cuprinsă între 2,1—5,4. Cel mai puternic cutremur cunoscut în această parte a platformei a fost cel din 4 I 1960 ($M = 5{,}4$), cu epicentrul la Căzănești.

Pentru a exemplifica modul de manifestare al acestor cutremure locale am ales seismul din 20 aprilie 1977, cu epicentrul în vecinătatea localității Frumușani (Tabela 1), care a fost simțit pe o arie macroseismică (fig. 2) de cca 200 km lungime și 75 km lățime, cuprinsă în mare, între localitățile Giurgiu — Mîrșa — Snagov — Hîrșova. În urma anchetei macroseismice efectuate, intensitatea maximă IV—V grade pe scara MSK—64 s-a notat în zona localităților Frumușani — Budești — Curcani. Izoseistele hărții construite (fig. 2, după Radu și Polonic, 1978) au o formă elipsoidală, mult alungită după o direcție preferențială est-vest, ce coincide cu orientarea liniilor tectonice, cunoscute în formațiunile cretacice și neogene și anume faliile: Videle — Bălăria, Novaci — Fundeni, Cartojani — Grădinari și Belciugatele — Ileana (fig. 3).

CONSIDERAȚII SEISMOTECTONICE

În această regiune, Platforma Moesică se caracterizează prin prezența unui fundament baikalian peste care se dispune o cuvertură sedimentară, paleozoică, mezozoică și neozoică, cu o grosime de peste 6000 m.

Structura profundă a acestei zone, determinată prin cercetări seismometrice și sondaje seismice profunde, se caracterizează prin grosimi ale scoarței terestre, respectiv adîncimi ale discontinuității Mohorovicič, ce variază de la 27 km pe Dunăre, la 40—45 km spre zona subcarpatică. Adîncimile care marchează poziția celorlalte discontinuități majore sînt situate între 13 km și 23 km pentru discontinuitatea Conrad și 3—6 km pentru suprafața fundamentului cristalin (Constantinescu, Cornea et al. 1972: Rădulescu, Cornea et al. 1976).

Liniile tectonice majore cunoscute în această regiune sînt: linia Bibești — Tinosu, echivalentul liniei pericarpatice, după care depozitele cutate ale depresiunii încalecă peste cele ale platformei, liniile Peceneaga — Camena și Capidava — Ovidiu ce păstrează orientarea structurilor hercinice dobrogene, precum și linia Tinosu — Tg. Fierbinți — Călărași, cu aceeași orientare, linie ce împarte platforma în două blocuri majore.

Falia Tinosu — Tg. Fierbinți — Călărași prezintă caracteristicile unei falii crustale care s-a dovedit activă tot timpul Neogenului și pînă în prezent. La baza Neogenului, compartimentul nord-estic apare coborît cu cca 600 m iar la un reper din Pliocenul superior cu cca 200 m. Falia aparține tipului „transcurent" iar sensul mișcării, determinat pentru cutremurul de la Plopeni din 8 II 1975 (Cornea și Radu 1975), este sinistral. Pe baza datelor seismologice, se consideră că fractura se continuă, spre nord, pînă la Cîmpulung (Rădulescu, Cornea et al. 1976). La sud de Călărași, pe teritoriul Bulgariei, această falie a fost trasată pînă la nord de Șabla (Darakciev et al. 1963).

Venirile de apă fierbinți din adîncime, apărute pe această falie, la Tg. Fierbinți, după seismul din 4 martie, relevă caracterul profund al acestui accident tectonic, cît și faptul că prezintă porțiuni deschise spre suprafață.

În ce privește cuvertura sedimentară a platformei aceasta se îngroașă, înclină și se afundă, în trepte, de-a lungul unor falii, în general paralele sistemului carpatic. Stilul tectonic dominant, comun întregei succesiuni de depozite, este cel casant, imprimat de o rețea de falii, în care se disting două direcții dominante : una est-vest, care aparține celor mai extinse falii din platformă și alta nord-vest—sud-est, comună faliilor transversale, cu amplitudini și extinderi mai reduse.

În general, toate aceste linii au fost întregite de informațiile obținute de la nivele situate în baza Neogenului, Cretacicului, Jurasicului, deoarece lipsa de contraste din Neogen nu permite decît o urmărire discontinuă a acestora. Datele de foraj au dovedit, totuși, existența unei fragmentări intense chiar și în termenii superiori plioceni. Această constatare presupune o reactivare în Pliocen-Cuaternar a vechilor falii, ca urmare a unor mișcări epirogenetice diferențiate ce s-au produs în timpul sau ca urmare a ultimelor cutări din Subcarpați.

Analiza faciesurilor și grosimii depozitelor de cuvertură neogene ale platformei și avanfosei carpatice a permis cîteva constatări utile pentru aprecierea mișcărilor verticale.

Astfel se constată în Neogen prezența unor zone caracteristice și anume :

— o zonă constant subsidentă, la nord de faliile Videle — Bălăria și Novaci — Fundeni, cu un sector de maximă subsidență în zona din fața curburii Carpaților, unde grosimea depozitelor neogene și cuaternare depășește 10.000 m ;

— o zonă ridicată, la sud de faliile Videle — Bălăria și Novaci — Fundeni, care la sfîrșitul pliocenului se scufundă, iar în Cuaternar prezintă o inversiune a sensului de mișcare ;

— o zonă în ridicare continuă, corespunzătoare Orogenului carpatic, care antrenează în Cuaternar și depozitele miopliocene adiacente din zona de curbură ;

— o zonă subsidentă în mio-pliocen și ridicată în Cuaternar ;

— o zonă relativ stabilă la nord-est de falia Dunării, corespunzătoare Dobrogei centrale.

Există, de asemenea, elemente pentru admiterea unei mișcări generale pe orizontală, către nord-vest cu viteze diferite, a compartimentelor separate de falia Tinosu — Tg. Fierbinți — Călărași (Cornea et al. 1975).

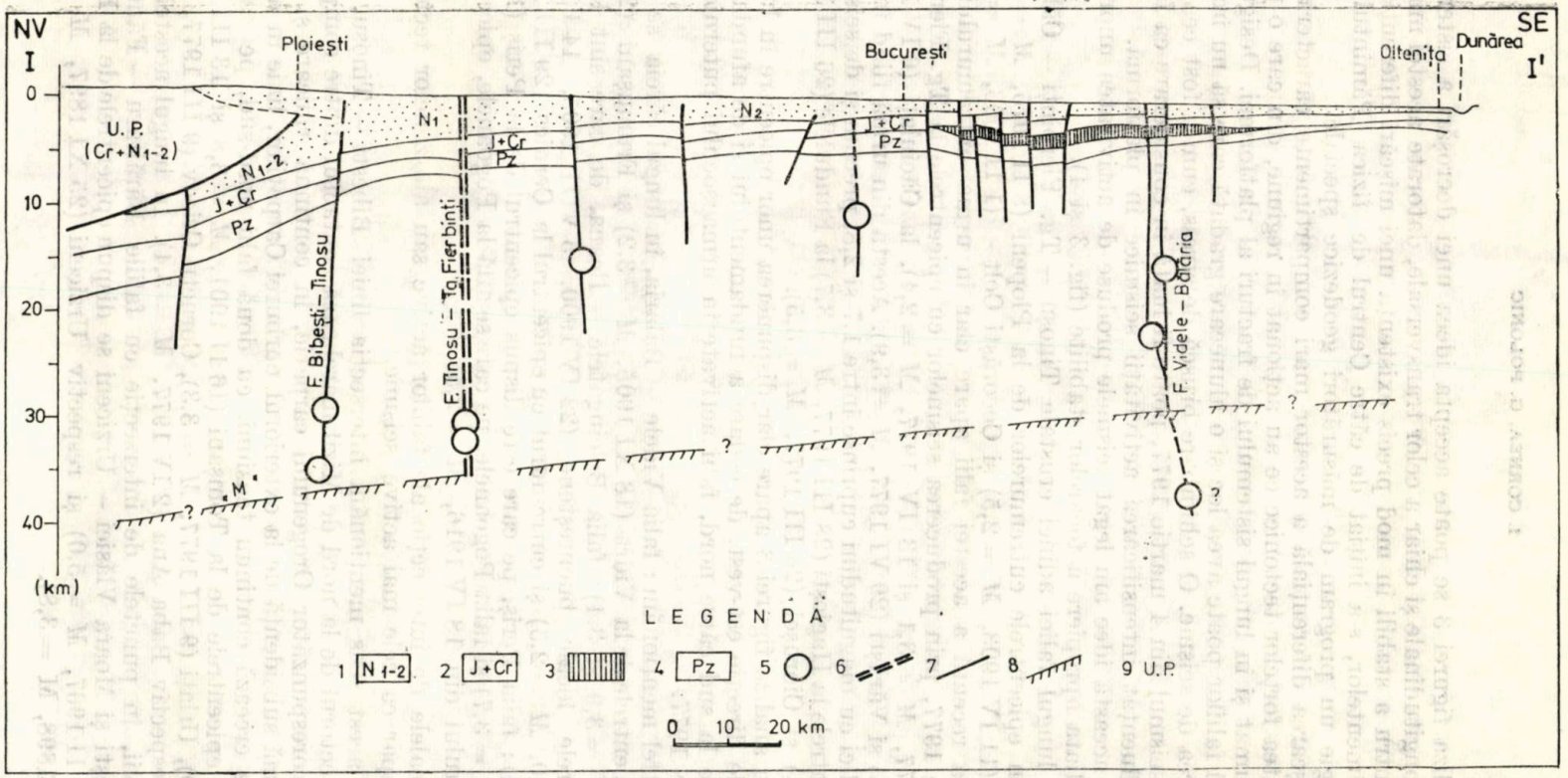


Fig. 4 — Secțiune seismotectonică prin partea de est a Platformei Moesice. 1 = Paleogen—Neogen ; 2 = Jurasic—Cretacic ; 3 = Triasic ; 4 = Paleozoic ; 5 = focar seismic ; 6 = fractură crustală ; 7 = fracturi majore ; 8 = Discontinuitatea Mohorovičić, după Socolescu și colab. (1964) ; Constantinescu și colab. (1970) ; 9 = Unitatea Pericarpatică.

Din analiza figurei 3 se poate accepta ideea unei decroşări a sistemului de falii longitudinale şi chiar a celor transversale, datorate acestei mişcări.

Pentru a stabili în mod precis existenţa unei mişcări diferenţiate a compartimentelor, s-a iniţiat de către Centrul de fizica Pămîntului şi seismologie un program de măsurători geodezice speciale.

Mişcarea diferenţială a acestor mari compartimente caracterizează intensitatea forţelor tectonice ce au acţionat în regiune, din care o parte s-a consumat şi în lungul sistemului de fracturi al platformei. Desigur că în lungul faliilor poate avea loc şi o alunecare gradată care să nu implice producerea de seisme. O schimbare bruscă de stress, cum a fost cea cauzată de seismul din 4 martie 1977, poate fi luată în considerare ca factor ce a influenţat intensificarea activităţii seismice în platformă.

În această idee am legat seismele produse de activitatea unor falii din imediata apropiere a focarelor stabilite (fig. 3 şi 4).

În lungul faliei adînci crustale Tinosu — Tg. Fierbinţi — Călăraşi se dispun epicentrele cutremurelor de la Plopeni (8 II 1975, $M = 4{,}6$), Ploieşti (11 IV 1903, $M = 2{,}5$) şi Cocorăşti Colţ — (1 II 1903, $M = 3{,}2$). Activarea recentă a acestei falii apare clar în urma cutremurului din 4 martie 1977, prin producerea seismelor cu epicentrele la Tg. Fierbinţi (1 IV 1977, $M = 3{,}1$ şi 13 IV 1977, $M = 2{,}4$), la Căciulaţi (6 IV 1977, $M = 3{,}6$) şi Vărăşti (29 VI 1977, $M = 3{,}9$). Acesta din urmă fiind însoţit de 6 replici cu magnitudini cuprinse între 1,7 şi 2,8, precum şi de seismele cu epicentrele la Hagieşti (28 III 1977, $M = 3{,}7$) la Fundulele (26 III 1977, $M = 3{,}4$) şi Ciorusel (26 III 1977, $M = 3{,}5$).

Din analiza figurei 3 apare clar dispunerea unor epicentre în lungul faliilor de direcţie est-vest, de cedare a fundamentului şi de afundare în trepte de la sud către nord, falii activate în urma şocului puternic din 4 martie 1977.

Astfel menţionăm : falia Videle — Bălăria, în lungul căreia se situează epicentrele de la Vidra (18 XI 1905, $M = 3{,}2$) şi Frumuşani (20 IV 1977, $M = 3{,}9$ şi $3{,}4$); falia Belciugatele — Ileana, de care sînt legate cutremurele locale bucureştene (22 IV 1900, 5 VIII 1905, 14 I 1910, 7 XI 1910, $M = 2{,}5$) şi cutremurul cu epicentrul la Cernica (29 III 1977, $M = 3{,}4$); falia Periş, pe care este dispus epicentrul de la Periş (1 XII 1977, $M = 3{,}7$) şi falia Pogoanele, pe care se află la Pogoanele, epicentrul cutremurului din 18 IV 1916, $M = 2{,}5$.

Arealele de intersecţie ale faliilor active sau ale zonelor tectonice mobile apar ca cele mai active seismic.

În acest sens menţionăm intersecţia liniei Bibeşti — Tinosu, linia care în sectorul de la nord de Mizil marchează contactul dintre compartimentul corespunzător Orogenului carpatic, în continuă ridicare şi zona de maximă subsidenţă de la exteriorul curburei Carpaţilor, linie în lungul căreia se creează continuu tensiuni, cu două falii nord-sud, pe care se situează epicentrele de la Tomşani (16 II 1901, $M = 3{,}8$ şi 13 III 1977, $M = 3{,}0$), Urlaţi (9 III 1977, $M = 3{,}3$), Cornetu Cricov (9 III 1977, $M = 2{,}5$) şi respectiv Baba Ana (2 IV 1977, $M = 3{,}4$). În lungul acestei din urmă falii, în punctele de intersecţie cu faliile Bărăitaru — Făurei — Oprişeneşti şi Moara Vlăsiei — Urziceni se dispun epicentrele de la Rădulești (27 II 1967, $M = 5{,}0$) şi respectiv Urziceni (25 XI 1897, $M = 3{,}8$ şi 26 X 1898, $M = 3{,}8$).

De asemenea, în nodul creat de sistemul de falii est-vest și nord-vest — sud est de la Colelia — Căzănești este localizat epicentrul de la Căzănești (4 I 1960, $M = 5{,}4$).

CONCLUZII

Datele prezentate confirmă existența unor relații strînse între activitatea seismică și aranjamentul structural al regiunii.

Astfel, seismicitatea părții de est a Platformei Moesice apare controlată de structura geologică adîncă, de accidentele tectonice mai importante, precum și de mișcările diferențiale existente între diferitele compartimente ale platformei.

Din distribuția spațială a cutremurelor rezultă că aproape întreaga activitate seismică din regiune se concentrează în lungul fracturii crustale Tinosu — Tg. Fierbinți — Călărași și a faliilor pe care aceasta le intersectează.

Falia Tinosu — Tg. Fierbinți — Călărași întrunește toate caracteristicile unei fracturi crustale active. Aceasta împarte platforma în două mari blocuri aflate în mișcare către nord-vest, blocul nord-estic prezentînd, probabil, o viteză de avansare mai mare, o dată cu afundarea sa sub orogenul carpatic. Pe laturile blocului nord-estic, în lungul fracturilor Tinosu — Tg. Fierbinți — Călărași și Peceneaga — Camena, se înregistrează o activitate seismică normală. Marginea frontală a blocului care se subduce sub orogenul carpatic, cu o poziție mult mai coborîtă, pare să fie implicată în producerea puternicelor cutremure intermediare vrîncene.

Primit la redacție
la 1 martie 1979

BIBLIOGRAFIE

ATANASIU I. (1961), *Cutremurele de pămînt din România*. Edit. Acad. RPR, București.

BURCEA C., CORNEA I., TUGUI GR., IONESCU E., TRÎMBIȚAȘ M., GEORGESCU ST. et al. (1965), *Contribuții seismice la crearea unei imagini tectonice asupra marginii nordice a Platformei Moesice între Olt și Buzău*. St. și cerc. de geof., **3**, *1*, 129—140.

BURCEA C., CORNEA I., TUGUI GR., TOMESCU L II, IONESCU E., TRÎMBIȚAȘ M. et al. (1966), *Contribuții ale prospecțiunii seismice de reflecție la crearea unei imagini tectonice în zona centrală a Platformei Moesice*. St. și cerc. geof., *4*, *2*, 347—354.

CONSTATINESCU L., CORNEA I., LĂZĂRESCU V. (1972), *Seismotectonic map of the Roumanian territory*. Stud. tehn. ec. seria D, 10 III, 291—298.

CONSTANTINESCU L., CORNEA I., ENESCU D. (1972), *Structure de la croûte terrestre en Roumanie d'après les données géophysiques*. Rev. Roum. Géol. Géophys. et Géogr. Série de géophysique, **26**, *1*, 3—20.

CORNEA I., RADU C., (1975), *Cutremurul din 1975 II 8 și implicațiile sale seismotectonice*. Raport studii seismotectonice și de seismicitate ale unor zone ale R. S. România și întocmirea buletinelor seismice. Tema 8.2 IGG, București.

DARAKCIEV P., ATANASOV A., IORDANOV M., (1963), *Principalele particularități ale structurii tectonice din nord-estul Bulgariei*. Asoc. Carp. Balc. Sect. III Tectonică, 52—63, București.

FLORINESCU A. (1958), *Catalogue des tremblements de terre ressentis sur le territoire de la RPR*. Acad. RPR., Com. Nat. Géol. Géophys., Bucarest.

GAVĂT I., AIRINEI ST., BOTEZATU R., SOCOLESCU M., STOENESCU SC., VENCOV I. (1963), *Structura geologică profundă a teritoriului RPR după datele actuale geofizice (gravimetrice și magnetice)*. St. cerc. geof., **1**, *1*, 7—3, București.

GAVĂT I., CORNEA I., GHEORGHE A., GAŞPAR R. şi TOMESCU L. (1967), *La structure du soubassement moesien entre le Danube et les rivières de Ialomiţa, Buzău et Siret*. Rev. Roum. Géol. Géophys. et Géogr., Série de géologie, **11**, *1*.

GUTENBERG D., RICHTER C. P. (1956 b), *Magnitude and energy of earthquakes*. Ann. di Geofis., **9**, *1*, 1—15.

IOSIF T. (1960), *Focar seismic profund în Cîmpia Română*. Stud. cerc. astr. seismologie, *2*.

IOSIF T., IOSIF S. (1971), *Asupra cutremurelor cu epicentrele în Cîmpia Română*. St. cerc. geol. geogr. geofiz., Seria geofiz., **9**, *2*, 235—247.

PARASCHIV D. (1975), *Geologia zăcămintelor de hidrocarburi din România*. St. tehn. econ. Seria A., *10*.

RADU C. (1974), *Contribuţie la studiul seismicităţii României şi comparaţie cu seismicitatea bazinului mediteranean şi în particular cu seismicitatea Franţei de sud-est* (în franceză). Univ. din Strasbourg.

RADU C., POLONIC G. (1977), *Contribuţii la studiul seismicităţii părţii de est a Platformei Moesice*. Tema 30—77—1/1977—CSEN, Bucureşti.

RĂDULESCU D. P., CORNEA I., SĂNDULESCU M., RĂDULESCU FL., POMPILIAN A. (1976), *Essai d'interprétation des études séismiques profondes*. An. IGG, vol. I, Bucureşti.

SPASOV H., IANEV SL. (1965), *Vîrsta şi structura tectonică a fundamentului paleozoic al Platformei Moesice*. Dokladi, I. Secţ. Gheotektonica, VII Kongress, 1—16 sept. 1965 Sofia I, 219—224, Sofia.

DATA CONCERNING THE SEISMICITY AND SEISMOTECTONICS OF THE EASTERN MOESIAN PLATFORM

ABSTRACT

The seismic activity of the Eastern Moesian Platform, especially that which followed the Vrancea earthquake of March 1977, and the seismotectonics of this region are presented.

Data confirm the relation between the normal earthquake epicentres and the main tectonic lines. The highest seismic activity occurs at fractures crossings.

SPECTRE FOURIER ŞI ACCELEROGRAME SINTETICE ALE MIŞCĂRII SOLULUI PRODUSĂ ÎN ZONA BUCUREŞTI DE PUTERNICUL CUTREMUR VRÎNCEAN DIN 4 MARTIE 1977 [1]

DE

D. ENESCU, A. PÂNTEA, V. SMALBERGHER

Centrul de fizica Pămîntului şi seismologie, Bucureşti—Măgurele

INTRODUCERE

Rezolvarea în cele mai bune condiţiuni a principalelor probleme privind determinarea parametrilor seismici necesari în calculul şi proiectarea antiseismică a construcţiilor cere ca în amplasamentele respective să fi existat cel puţin cîte o staţie seismologică dotată cu aparatura corespunzătoare, care să fi înregistrat cel puţin cîte un cutremur puternic din zonele seismice ce determină seismicitatea acelor amplasamente.

În lipsa unor asemenea înregistrări se apelează la alte căi de rezolvare a problemei.

Existenţa unor accelerograme, cum sînt cele înregistrate la Bucureşti (INCERC) în timpul puternicului cutremur vrîncean din 4 martie 1977, face posibilă acea cale de rezolvare a problemei care constă în deconvoluarea accelerogramelor existente pînă la diferite nivele în subsol folosind funcţiile de transfer ale mediului de propagare şi sursei, iar rezultatele obţinute prin deconvoluţie sînt, după aceea, convoluate în zonele amplasamentelor studiate folosind funcţiile de transfer corespunzătoare.

A doua cale de rezolvare a problemei constă în determinarea seismogramelor sintetice (artificiale) pe baza cunoaşterii parametrilor geometrici şi dinamici ai focarelor şi a parametrilor fizici ai mediului de propagare.

În această lucrare folosim cea de a doua cale din cele două enunţate mai sus, determinînd spectre Fourier şi accelerograme sintetice ale mişcării solului produsă în zona Bucureşti (Pantelimon—INCERC) de puternicul cutremur vrîncean din 4 martie 1977.

Am ales zona Pantelimon—INCERC, întrucît putem compara rezultatele obţinute cu accelerogramele înregistrate la INCERC, comparaţie care ne va permite să tragem concluzii asupra aplicabilităţii metodei pentru amplasamente în care nu s-au înregistrat accelerograme ale puternicelor cutremure intermediare din zona Vrancea.

---

[1] Lucrare prezentată la al X-lea Simpozion de geofizică aplicată şi fizica Pămîntului din noiembrie 1978, Bucureşti.

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM. 17, NR. 2, P. 177—189, BUCUREŞTI, 1979

METODA APLICATĂ

După cum se ştie, operaţia de sinteză Fourier poate fi exprimată prin relaţia:

$$f(t) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} [a(\omega)\cos \omega t + b(\omega)\sin \omega t]\, d\omega, \tag{1}$$

în care, în cazul nostru, $f(t)$ reprezintă accelerograma corespunzătoare unei anumite unde sau grup de unde, iar $a(\omega)$ şi $b(\omega)$ sînt coeficienţii din relaţia

$$S(\omega) = a(\omega) + jb(\omega) = |S(\omega)|\, e^{j\varphi(\omega)}, \tag{2}$$

unde $S(\omega)$ este spectrul complex al funcţiei $f(t)$.

După cum vedem, problema fundamentală a determinărilor noastre este reprezentată de calcularea spectrului $S(\omega)$. Aceasta este o problemă extrem de complicată de modelare a sursei generatoare de unde seismice şi a mediului de propagare a acestor unde.

O soluţie a acestei probleme a fost dată pentru cazul cutremurelor intermediare şi adînci de Enescu şi Plaviţă (1978, a). Încercăm în cele ce urmează să folosim metoda de calcul a spectrului $S(\omega)$ elaborată de autorii citaţi mai sus.

Modulul funcţiei complexe $S(\omega)$ este dat de relaţia (Enescu şi Plaviţă, 1978, a):

$$|S(\omega)| = |S^*(\omega)| \left[1 + \frac{f(L)}{\bar{R}_0'}\right] |K_s(\omega)|, \tag{3}$$

sau, mai accesibil pentru calcul:

$$|S(\omega)| = |S^*(\omega)| \left[1 + \beta \frac{r}{\bar{R}_0'}\right] |K_s(\omega)|, \tag{3'}$$

în care: $K_s(\omega)$ este funcţia de transfer a stratelor aflate deasupra fundamentului; L reprezintă lungimea suprafeţei de faliere din focar; r — raza ariei circulare echivalente suprafeţei de faliere; β este o constantă de proporţionalitate.

Mărimea $\bar{R}_0'$ este o distanţă, care poate fi calculată cu ajutorul relaţiei:

$$\bar{R}_0' = \bar{R}_0 - f\left(\frac{L}{q}\right), \tag{4}$$

în care $\bar{R}_0$ este distanţa măsurată ţinînd seamă de traiectoria undei seismice din hipocentru pînă în punctul de intensitate seismică maximă ($I = I_0$) şi este exprimată de relaţia (Keilis-Borok et al., 1957):

$$\bar{R}_0 = \left[\left(R_1 + \sum_{k=2}^{m} R_k \frac{V_k}{V_1}\right)\left(R_1 + \sum_{k=2}^{m} R_k \frac{\cos^2 i_1}{\cos^2 i_k}\cdot\frac{V_k}{V_1}\right)\right]_{I=I_0}^{1/2}, \tag{5}$$

unde R_1 este lungimea razei seismice care pleacă din sursă sub unghiul $i_1 = i_k$ și incide pe prima limită de separație; V_1 este viteza de propagare pe drumul R_1; V_k; R_k și i_k sînt parametrii (viteza, lungimea, unghiul de incidență) corespunzători razei seismice k cuprinsă între două puncte de incidență consecutive.

Mărimea q este o constantă care este egală cu unu în cazul faliei unilaterale și cu 2 în cazul faliei bilaterale.

Modulul funcției $S^*(\omega)$ este exprimat de relația (Enescu și Plaviță, 1978, a):

$$\log |S^*(\omega)| = AI + B + C + F_a(\omega), \tag{6}$$

în care:

$$\begin{aligned} A &= (A_1 - 2A_2 - A_3)\, A_4 \\ B &= (A_1 - 2A_2 - A_3)\, B_4 + B_1 - 2B_2 - B_3, \end{aligned} \tag{7}$$

unde A_i, B_i $(i = 1, 2, 3, 4)$ sînt coeficienții relațiilor:

$$\begin{aligned} \log M_0 &= A_1 M + B_1 \\ \log r &= A_2 M + B_2 \\ \log \psi(\eta) &= A_3 M + B_3 \end{aligned} \tag{8}$$

și

$$M = A_4 I_0 + B_4, \tag{9}$$

în care M_0 este momentul seismic, η reprezintă eficiența seismică și M este magnitudinea cutremurului.

Mărimea C este

$$C = \log \left[\frac{cV^2\, g^2 f(\sigma, y, \rho)\, K_{\text{ref.0}}}{\bar{R}_0'} \right], \tag{10}$$

unde c și g sînt niște constante; $f(\sigma, y, \rho)$ este o funcție de coeficientul Poisson σ, modulul lui Young y și densitatea ρ; V reprezintă viteza de propagare în mediul sursei; $K_{\text{ref.0}}$ reprezintă coeficientul prin care se ia în considerare efectul reflexiei și refracției undelor în mediul de propagare cuprins între sursă și fundament, corespunzător drumului parcurs de unde pentru a sosi în punctul de intensitate maximă $I = I_0$.

În sfîrșit, funcția $F_a(\omega)$ are forma:

$$F_a(\omega) = \log \left[K_{ab}(\omega, \bar{R}_0') \frac{\omega^2}{v^2} F\left(\frac{\omega}{v}\right) \right], \tag{11}$$

în care $\nu = \omega_0$, ω_c este frecvenţa predominantă sau frecvenţa „de colţ" din spectrul undei generată de sursă, $K_{ab}(\omega, \bar{R}'_0)$ exprimă atenuarea undelor datorită absorbţiei dependentă de frecvenţa ω şi, bineînţeles, de distanţa parcursă de undă; $F\left(\frac{\omega}{\nu}\right)$ este funcţia spectrală a sursei.

MODELUL SEISMOLOGIC. REZULTATE

Înainte de a prezenta parametrii modelului, menţionăm că în calcule a fost luată în considerare unda transversală, întrucît aceasta este unda cea mai importantă pentru calculul construcţiilor ce trebuie să reziste la cutremurele intermediare vrîncene.

Pentru efectuarea calculelor am luat în considerare modelul seismologic exprimat de relaţiile şi mărimile prezentate mai jos.

S-a admis următoarea formă a funcţiei spectrale a sursei:

$$F\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right) = \frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}, \text{ (Brune, 1970).} \tag{12}$$

Determinările făcute de Enescu et al. (1978, a) privind parametrii geometrici şi dinamici ai focarelor au arătat că frecvenţa predominantă ω_0 a oscilaţiilor generate de puternicul cutremur vrîncean din 4 martie 1977 a fost

$$\omega_0 = 0{,}982 \text{ cps.} \tag{13}$$

Evaluările făcute de noi au condus la următoarea valoare a frecvenţei „de colţ" pentru acelaşi cutremur

$$\omega_c = 0{,}540 \text{ cps,} \tag{14}$$

în concordanţă satisfăcătoare cu valoarea $\omega_c = 0{,}440$ dedusă de Fuchs, Cornea et al. (1978) pentru acelaşi cutremur.

S-au mai luat în considerare, de asemenea, următoarele valori:

$$g = 2{,}34 \text{ (Brune, 1970)}$$

$$c = \frac{1}{4\pi}; \; f(\sigma, y, \rho) = \frac{1}{\rho V_s^3}; \; \psi(\eta) = 1 \text{ (Randall, 1973)} \tag{15}$$

$$V_s = 4{,}5 - 4.7 \cdot 10^5 \text{ cm/s}; \; \rho = 3{,}3 \text{ g/cm}^3.$$

Rezultatele obţinute de Enescu et al. (1978, a) ne oferă, în afară de frecvenţa predominantă ω_0, o gamă foarte importantă de parametri utili

la calculul spectrelor și seismogramelor sintetice. Aceștia sînt coeficienții relațiilor (8):

$$A_1 = 1{,}30\,;\ B_1 = 17{,}91 \qquad (16)$$
$$A_2 = 0{,}39\,;\ B_2 = 3{,}48,$$

precum și valorile razei r și lungimii L ale suprafeței de faliere pentru cutremurul din 4 martie 1977:

$$r = 19{,}4 \text{ km}\,;\ L = 45{,}4 \text{ km}. \qquad (17)$$

Coeficienții relației (9) au valorile

$$A_4 = 0{,}56\,;\ B_4 = 2{,}18 \text{ (Radu, 1974)} \qquad (18)$$

După estimările făcute de noi au mai rezultat valorile:

$$\bar{R}_0' \simeq 73 \text{ km}\,;\ K_{\text{ref-0}} \simeq 2{,}45. \qquad (19)$$

Valorile (19) au fost determinate pe baza rezultatelor din lucrarea lui Müller, Bonjer, Stöckl și Enescu (1977, 1978), precum și pe baza datelor din lucrarea lui Fuchs, Cornea et al. (1978). Mărimea $K_{\text{ref-0}}$ calculată independent de datele din cele două lucrări citate coincide practic cu valoarea exprimată de (19). Menționăm că la calculul mărimii $K_{\text{ref-0}}$ a fost luat în considerare coeficientul de conversie corespunzător componentei orizontale. De aceea, spectrul $S^*(\omega)$ și, evident, spectrul $S(\omega)$ determinate în modul arătat mai sus reprezintă spectre ale componentei orizontale.

Funcția $K_{ab}(\omega, \bar{R}_0')$ a fost determinată pe baza datelor din lucrarea lui Berzon et al (1962), date care se bazează pe un foarte bogat material de observație privind undele provenite din scoarța terestră și din mantaua superioară, adică tocmai ceea ce trebuie folosit în cazul nostru.

Un rol de asemenea foarte important în determinarea spectrului $S(\omega)$ îl are funcția de transfer $K_s(\omega)$. Noi am luat în considerare funcția de transfer calculată de Enescu et al. (1978, b) pentru zona NE București (Pantelimon, INCERC).

Spectrul de amplitudine sintetic $|S(\omega)|$ pentru componenta orizontală, calculat în modul și pe baza datelor arătate mai sus, este reprezentat în figura 1 alături de spectrul de amplitudine al componentei orizontale observate (Enescu și Plaviță, 1978, b). Cu toată marea complexitate a modelării proceselor implicate în rezolvarea problemei abordate în această lucrare, observăm că rezultatul obținut este satisfăcător, întrucît gradul de asemănare a celor două spectre (fig. 1) este suficient de mare pentru a încerca aplicarea metodei și la alte cazuri.

Calculul accelerogramelor sintetice l-am făcut aplicînd operaţia de sinteză Fourier conform relaţiei (1). De obicei, în asemenea cazuri se admite pentru spectrul de fază $\varphi(\omega)$ o formă aleatoare. Din mulţimea de forme posibile le-am preferat pe acelea care au fost observate în cazul cutremurului vrîncean din 4 martie 1977 (Enescu şi Plaviţă, 1978, b). În felul acesta sînt luate în considerare şi fazele corespunzătoare unor eventuale unde care s-au suprapus peste unda transversală.

Pentru calculul accelerogramelor sintetice a fost realizat programul de sinteză a semnalelor seismice în limbajul FORTRAN IV, bazat pe algoritmul lui Cooley şi Tukey de calcul al transformatei Fourier rapide, care prezintă avantajul că reduce mult timpul de calcul, în special pentru serii lungi de date. Rularea programului a fost făcută la calculatorul IBM—370 utilizînd pentru sinteză un număr de 512 valori.

În figura 2 este prezentată accelerograma sintetică pentru componenta orizontală, calculată de noi prin procedeul arătat mai sus. Comparaţia cu accelerograma observată (fig. 2) arată unele diferenţe dar şi multe asemănări. Asemănările ne îndreptăţesc să recomandăm a se încerca aplicarea metodei şi pentru zone în care n-au fost înregistrate accelerograme ale cutremurelor puternice vrîncene.

Asemănarea celor două accelerograme din figura 2 confirmă, totodată, şi faptul că procedeul aplicat de Enescu şi Plaviţă (1978, b) pentru obţinerea accelerogramei pentru componenta orizontală pe baza accelerogramelor observate pe componentele nord-sud (NS) şi est-vest (EV) este acceptabil.

Pentru a mai întări concluziile de mai sus, prezentăm în figurile 3—6 accelerogramele sintetice calculate de noi în două variante (A şi B) pentru componentele NS, EV, precum şi pentru componenta orizontală de pe direcţia epicentru-staţie (notată cu SVO) şi componenta perpendiculară pe această direcţie (notată cu SH). Tot în figurile 3—6 sînt prezentate şi accelerogramele observate pentru componentele NS şi EV, precum şi accelerogramele pentru componentele SVO şi SH determinate de Enescu şi Plaviţă (1978, b) cu ajutorul accelerogramelor observate pe componentele NS şi EV.

Au fost determinate, bineînţeles, şi spectrele Fourier sintetice pentru cele patru componente (NS, EV, SVO şi SH) ale acceleraţiei solului. Acestea au fost comparate cu spectrele corespunzătoare determinate de Enescu şi Plaviţă (1978, b) folosind accelerogramele observate. Din motive de spaţiu, prezentăm aici numai un exemplu şi anume pe cel de pe componenta EV (fig. 7). Ca şi în figura 1, spectrele din figura 7 sînt normate la valoarea maximă şi reprezentate în funcţie de perioada $T = 2\pi/\omega$.

După cum era de aşteptat pentru cazul analizat, spectrele şi accelerogramele corespunzătoare componentei SVO sînt asemănătoare cu cele de pe componenta NS şi cele pentru componenta SH sînt asemănătoare cu cele de pe componenta EV.

Comparînd accelerogramele sintetice cu cele observate (fig. 3—6) şi spectrele sintetice cu cele observate, constatăm unele diferenţe relativ

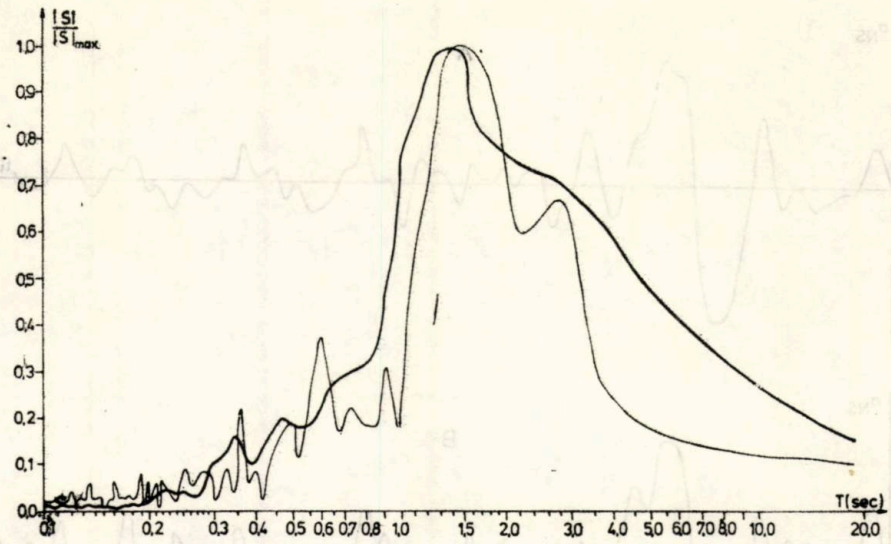


Fig. 1 — Spectrul de amplitudine sintetic (curba groasă) şi spectrul de amplitudine observat (curba subţire) pentru componenta orizontală a acceleraţiei mişcării solului produsă în zona Bucureşti (INCERC) de cutremurul din 4 martie 1977.

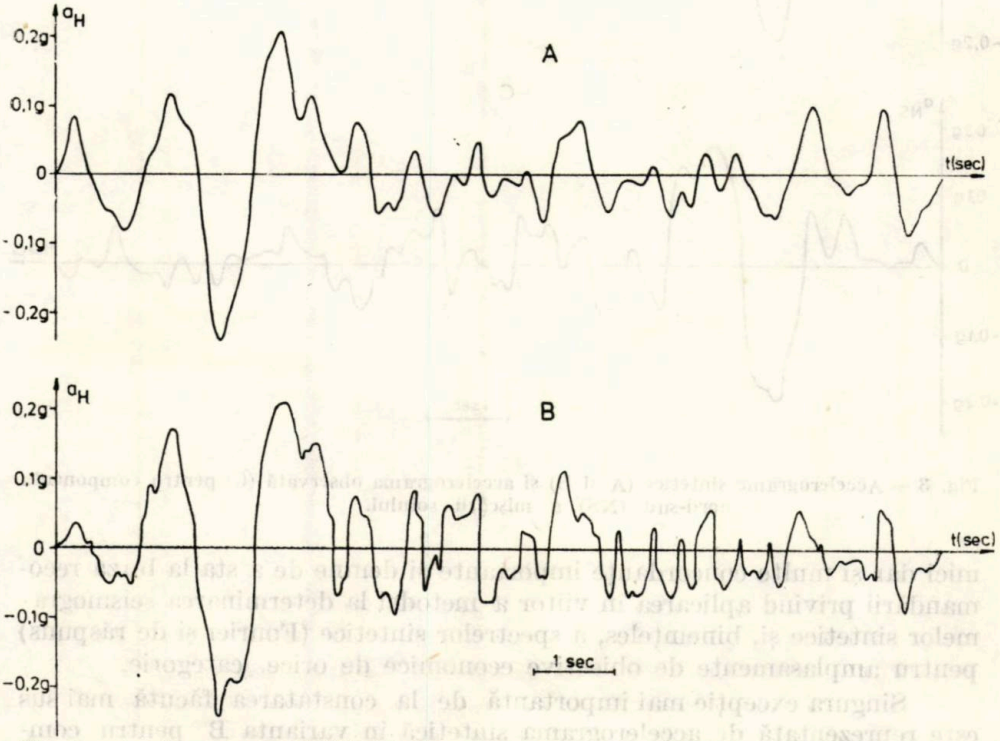


Fig. 2 — Accelerograma sintetică (A) şi accelerograma observată (B) pentru componenta orizontală (H) a mişcării solului.

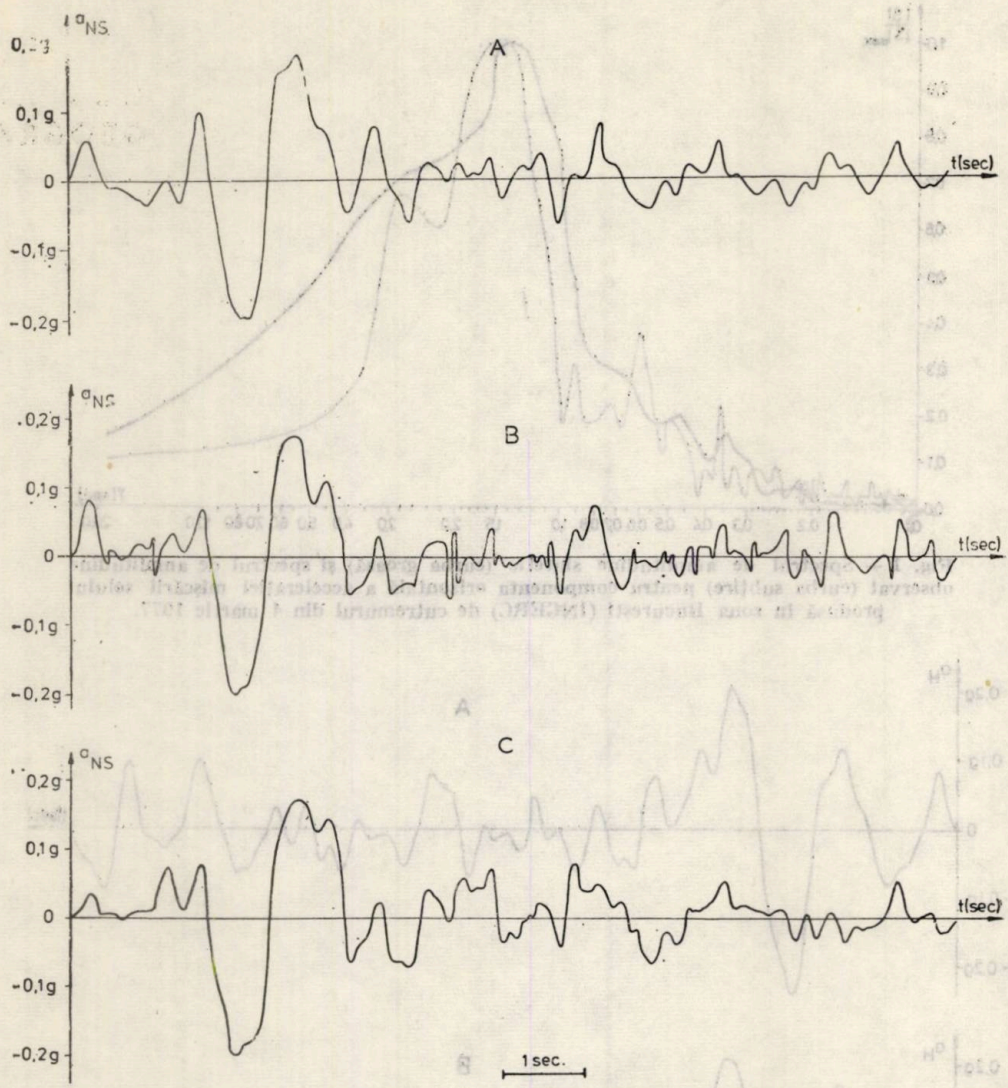


Fig. 3 — Accelerograme sintetice (A şi B) şi accelerograma observată (C) pentru componenta nord-sud (NS) a mişcării solului.

mici dar şi multe concordanţe importante şi demne de a sta la baza recomandării privind aplicarea în viitor a metodei la determinarea seismogramelor sintetice şi, bineînţeles, a spectrelor sintetice (Fourier şi de răspuns) pentru amplasamente de obiective economice de orice categorie.

Singura excepţie mai importantă de la constatarea făcută mai sus este reprezentată de accelerograma sintetică în varianta B pentru componenta SVO care, mai ales în partea doua a ei, prezintă diferenţe relativ

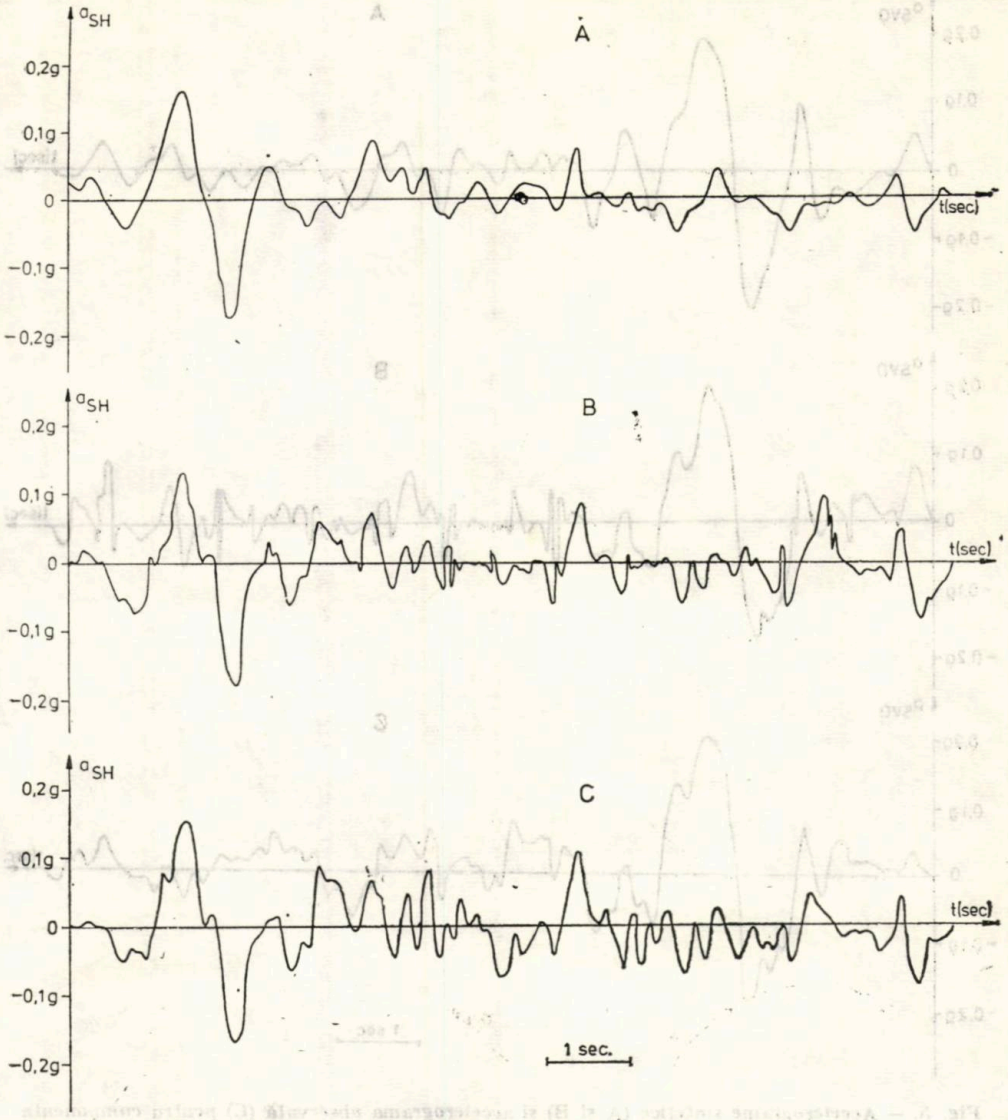


Fig. 4 — Accelerograme sintetice (A și B) și accelerograma observată (C) pentru componenta SH a mișcării solului.

mari față de accelerograma observată (fig. 5). Aceste diferențe sînt cauzate în special de amplificarea, prin aplicarea operatorilor de calcul, a unor componente de frecvențe mari (fig. 5). Aceasta ne arată că mai sînt totuși necesare îmbunătățiri ale metodei. Ele pot fi făcute mai ales în procesul de aplicare a metodei la rezolvarea unor probleme ce se vor pune în viitor.

Îmbunătățirile vor trebui să se refere în special la micșorarea erorilor cauzate de unele ipoteze simplificatoare care stau la baza modelării foca-

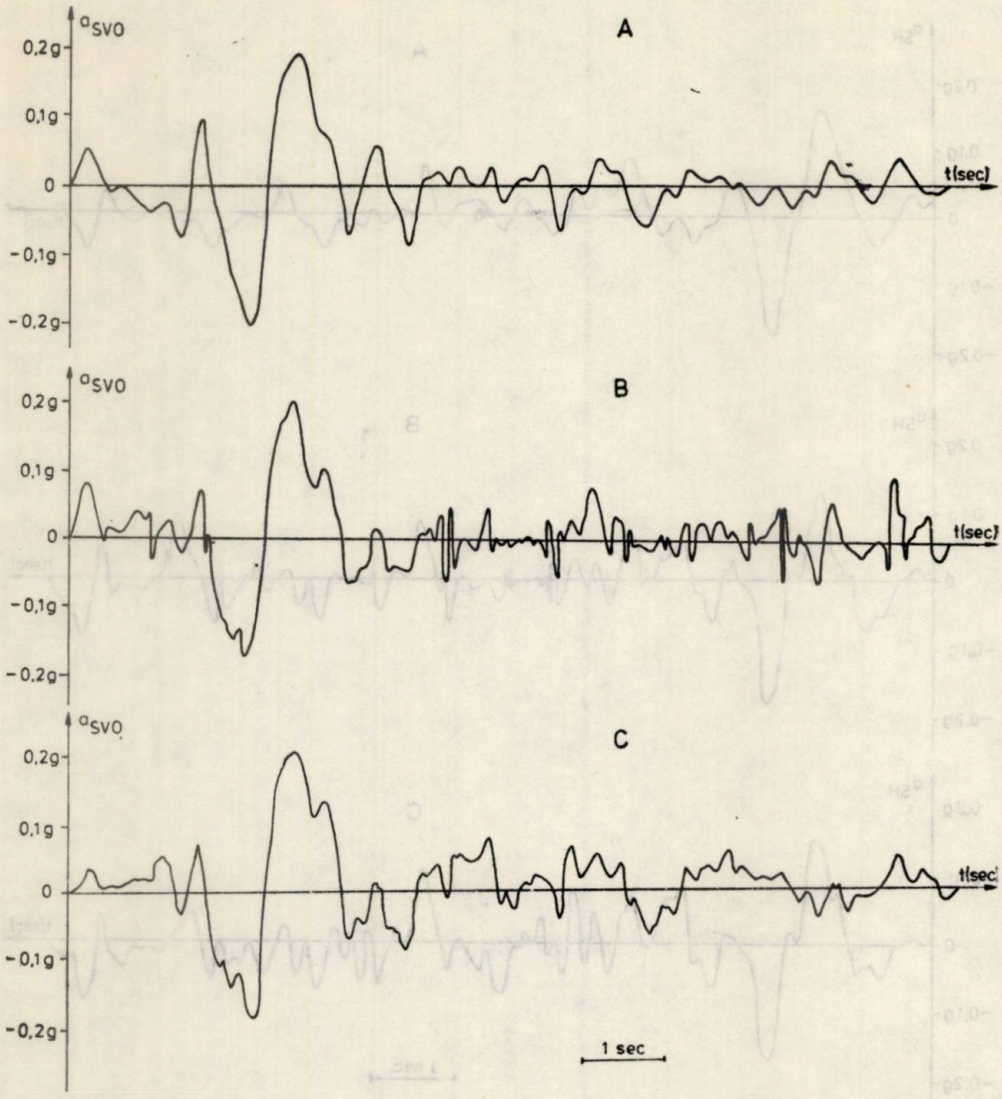


Fig. 5. — Accelerograme sintetice (A şi B) şi accelerograma observată (C) pentru componenta orizontală SVO a mişcării solului.

rului şi mediului de propagare (ipoteze care uneori se impun a fi admise pentru rezolvarea unor probleme atît de dificile ca aceea a modelării), precum şi la baza tehnicii de obţinere a accelerogramelor pe diferite componente.

Deşi efectul influenţei aparaturii de înregistrare asupra formei accelerogramelor observate nu este foarte mare, va trebui totuşi să se ţină seama şi de acesta; eventual să se încerce eliminarea lui.

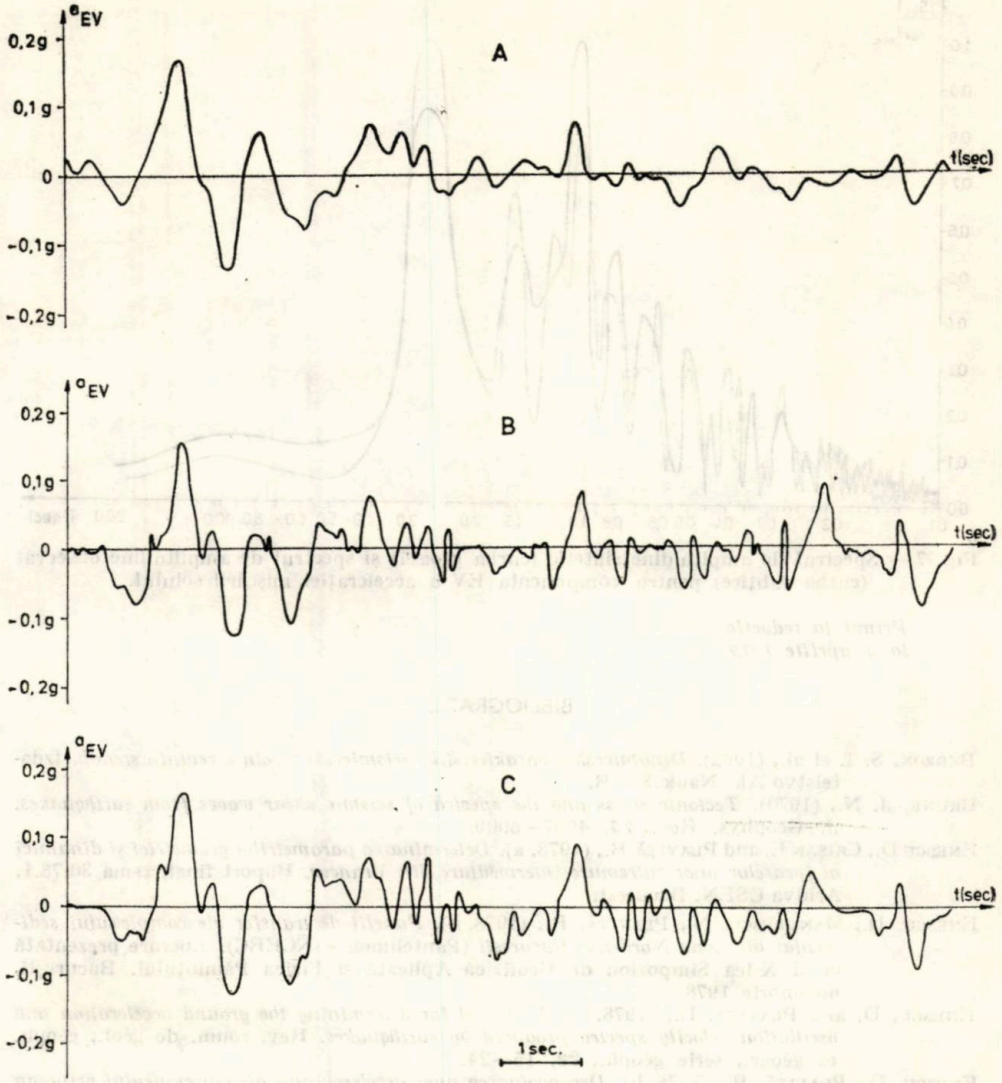


Fig. 6 — Accelerograme sintetice (A și B) și accelerograma observată (C) pentru componenta est-vest (EV) a mișcării solului.

În încheiere, considerăm necesar să subliniem faptul că, ținînd seamă de complexitatea extrem de mare a problemelor implicate de modelarea celor două procese fundamentale ale seismologiei (generarea și propagarea undelor seismice), rezultatele obținute în această lucrare sînt neașteptat de bune, ceea ce ne va face să continuăm cercetările în această direcție atît pentru aplicarea metodei la studiul unor viitoare amplasamente cît și pentru îmbunătățirea acestei metode.

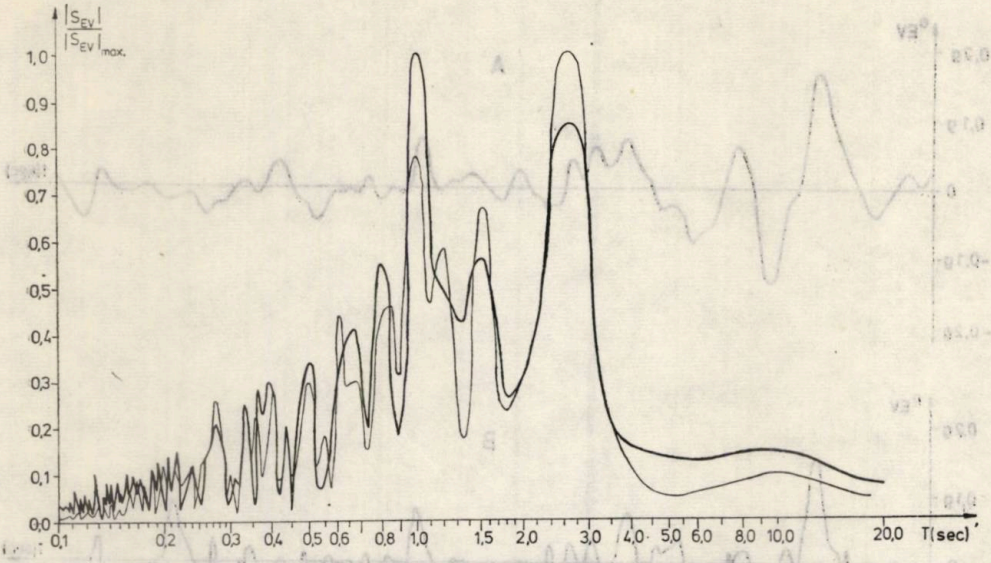


Fig. 7 — Spectrul de amplitudine sintetic (curba groasă) şi spectrul de amplitudine observat (curba subţire) pentru componenta EV a acceleraţiei mişcării solului.

Primit la redacţie
la 3 aprilie 1979

BIBLIOGRAFIE

BERZON, S. I. et al., (1962), *Dinamiceskie harakteristiki seismiceskih voln v realnih sredah.* Izdatelstvo Ak. Nauk SSSR.

BRUNE, J. N., (1970), *Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes.* J. Geophys. Res., *75*, 4997—5009.

ENESCU D., CRIŞAN E. and PLAVIŢĂ R., (1978, a), *Determinarea parametrilor geometrici şi dinamici ai focarelor unor cutremure intermediare din Vrancea.* Raport final, tema 30.78.1, Arhiva CSEN, Bucureşti.

ENESCU, D., MANDRESCU, N., PLAVIŢĂ, R., (1978, b), *Funcţii de transfer ale complexului sedimentar din zona Nord-Est Bucureşti* (Pantelimon—INCERC). Lucrare prezentată la al X-lea Simpozion de Geofizică Aplicată şi Fizica Pămîntului, Bucureşti, noiembrie 1978.

ENESCU, D. and PLAVIŢĂ, R., (1978, a), *A method for determining the ground acceleration and oscillation velocity spectra produced by earthquakes.* Rev. roum. de géol., géoph. et géogr., série géoph., **22**, 15—24.

ENESCU, D., PLAVIŢĂ, R., (1978, b), *Deconvoluarea unor accelerograme ale cutremurului vrîncean din 4 martie 1977.* Lucrare prezentată la al X-lea Simpozion de Geofizică Aplicată şi Fizica Pănintului — Bucureşti, noiembrie 1978.

FUCHS, K., CORNEA, I. et al., (1978), *The romanian earthquake of March, 4, 1977.* II. Aftershocks and migration of seismic activity. under printing in Tectonophysics.

KEILIS-BOROK, V. I. et al., (1957), *Issledovanie mekhanizma zemletriasenii.* Trudi Geofiz. Inst. Akad. Nauk SSSR, **40** (166), 1—148.

MÜLLER, G., BONJER, K. P., STÖCKL, H. and ENESCU, D. (1977, 1978), *The romanian earthquake of March 4, 1977.* I. Rupture process inferred from fault-plane solution and multiple-event analysis. Preprint, 1977; Journal of Geophysics **44**, 203—218, 1978.

RADU, C., (1974), *Contribution à l'étude de la séismicité de la Roumanie et comparaison avec la séismicité du bassin méditerranéen et en particulier avec la séismicité de Sud-Est de la France.* Thèse Dr. Sci. Université Strasbourg.

RANDALL, M. J., (1973), *The spectral theory of seismic sources.* Bull. Seism. Soc. Am., **63**, 1133—1144.

SPECTRES FOURIER ET ACCÉLÉROGRAMMES SYNTHÉTIQUES DU MOUVEMENT DU SOL PRODUIT DANS LA ZONE DE BUCAREST PAR LE FORT TREMBLEMENT DE TERRE DE VRANCEA DE 4 MARS 1977

(RÉSUMÉ)

En utilisant une méthode élaborée par Enescu et Plavițǎ, les auteurs ont calculé les spectres et les accélérogrammes synthétiques pour la composante horizontale du mouvement du sol et pour les composantes N—S; E—O; SVH et SH.

Le calcul de ces spectres et accélérogrammes est basé sur la connaissance des paramètres géométriques et dynamiques du foyer et des paramètres physiques du milieu de propagation.

La comparaison des spectres et accélérogrammes calculés avec les spectres et accélérogrammes observés démontre une bonne concordance.

STRUCTURA SUBASMENTULUI DEPRESIUNII PANNONICE ÎN ROMÂNIA (SECTOARELE CENTRAL ŞI SUDIC)

DE

MARIUS VISARION, MIRCEA SĂNDULESCU

Institutul de geologie şi geofizică, str. Caransebeş 1, Bucureşti

INTRODUCERE

Depresiunea Pannonică — limitată la nord de Carpaţii occidentali centrali, la vest de Alpii orientali, la sud de Dinarizi şi la est de munţii Apuseni şi Carpaţii meridionali — reprezintă cea mai întinsă depresiune molasică post-tectogenetică (neogenă) suprapusă elementelor deformate ale Europei alpine. Pe teritoriul României se extinde doar marginea orientală a acestei depresiuni. Subasmentul cutat al sectoarelor central (cuprins între văile Crişul Repede şi Mureş) şi sudic (la sud de Mureş) este constituit din unităţile tectonice ce aflorează în munţii Apuseni şi în partea internă a curburii Carpaţilor meridionali. În acest context este important de precizat că Depresiunea Pannonică înglobează doar depozitele de molasă neogenă; formaţiunile mai vechi aparţin fie subasmentului cutat, fie cuverturii post-tectogenetice (post-pînză).

Asupra Depresiunii Pannonice au fost realizate cercetări complexe şi variate. Ele privesc: structura scoarţei (Constantinescu et al., 1975; Rădulescu et al., 1976), particularităţile regimului geotermic (Airinei, Pricăjan, 1976; Paraschiv, Cristian, 1975; Veliciu et al., 1977; Visarion et al., 1978), mişcările crustale recente (Visarion, Drăgoescu, 1975), cît şi alcătuirea şi structura formaţiunilor care umplu depresiunea sau a celor care constituie subasmentul acesteia (Ichim et al., 1971[1]; Bleahu et al., 1971; Ionescu, 1974; Paraschiv, 1975; Ali-Mehmed et al., 1978; Visarion et al., 1975[2], 1976[2], 1977[2], 1979; Săndulescu, 1975).

Constituţia geologică şi structura unităţilor limitrofe depresiunii au fost sintetizate în ultimul timp atît pentru munţii Apuseni (Ianovici et al., 1969; 1976; Bleahu, 1974, 1976; Patrulius, 1976; Lupu, 1976; Săndulescu, 1975), cît şi pentru Carpaţii meridionali (Kräutner, 1974; Maier, 1974; Năstăseanu, 1975, 1979; Săndulescu, Năstăseanu, Kräutner, 1974; Săndulescu, 1975).

---

[1] Ichim T., Zaharescu P., Popa M., Bosoancă Gr., Şerban O., Palade C., Trifulescu C., Marinescu M., Geles H. (1971) — Rap., Arh. ICPTG.

[2] Visarion M., Ali-Mehmed E., Polonic P., Ştefănescu R., Dumbravă C. (1975, 1976, 1977), Rap., Arh. IGG.

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM. 17, NR. 2, P. 191–201, BUCUREŞTI, 1979

FACTORII FIZICI ŞI GEOLOGICI CARE CONDIŢIONEAZĂ APLICABILITATEA METODELOR GEOFIZICE

Interpretarea complexă a datelor geofizice primare şi transformate a fost favorizată de existenţa unor contraste de proprietăţi fizice între formaţiuni geologice dispuse la mai multe nivele.

Pentru investigarea structurii relativ simple a formaţiunilor neogene, existenţa unor nivele de contrast acustic a permis aplicarea seismometriei de reflexie. Secţiunile seismice se caracterizează prin numeroase elemente reflectatoare, cu înclinări mici şi rare interferenţe în tabloul de unde. Sub molasele neogene, numărul redus de elemente reflectatoare şi interferenţele frecvente cu unde perturbatoare, multiple şi difractate, fac mult mai dificilă interpretarea structurală. Poziţia suprafeţei soclului este mai clar determinată pe zonele ridicate, unde ea reprezintă un orizont reflectator caracteristic sau o limită generatoare de difracţii; în ariile puternic scufundate sub molasele neogene, contrastul acustic este sensibil redus.

Seismometria de reflexie a făcut, în anii din urmă, progrese însemnate în localizarea fracturilor post-pînze, îndeosebi prin contribuţiile specialiştilor ce lucrează în industria petrolului.

Metodele potenţiale, deşi cu rezultate mai ales calitative, sînt de asemenea importante pentru a determina alcătuirea geologică a elementelor din subasmentul depresiunii.

Pentru ameliorarea interpretării anomaliilor gravimetrice s-a ţinut seama de faptul că densitatea depozitelor neogene creşte cu adîncimea (Botezatu et al., 1973), că în anumite zone scufundate s-au acumulat formaţiuni post-tectogenetice preneogene şi de asemenea că şisturile cristaline din subasmentul depresiunii au fost afectate de o alteraţie superficială, care pe alocuri ajunge pînă la o adîncime de 150—200 m.

Anomalia regională a gravităţii este determinată preponderent de contrastul major, cu valori variabile, ce se stabileşte între formaţiunile neogene şi cele preneogene. Este în acelaşi timp necesar să se ţină cont şi de faptul că subţierea spre vest a scoarţei se traduce prin pozitivarea valorilor gravitaţii în acelaşi sens.

Anomalia gravităţii este perturbată şi de existenţa unor corpuri eruptive de diferite vîrste. Ofiolitele metamorfozate legate de cristalinul de Highiş-Drocea determină excese de masă, iar granitoidele sincinematice deficite de masă, în raport cu formaţiunile cristaline ale seriei de Păiuşeni (Andrei, 1964[3], 1965[3]). Ofiolitele mezozoice participă de asemenea la determinarea configuraţiei anomaliei gravităţii, la vest de limita de afloriment a unităţilor din munţii Metaliferi. Intruziunile banatitice produc anomalii de maxim sau de minim, cu intensităţi variabile, după cum se stabilesc local contrastele de masă în raport cu şisturile cristaline sau celelalte formaţiuni în care acestea sînt intruse.

Sursele anomale magnetice lipsesc în formaţiunile sedimentare. Din contră proprietăţile specifice a formaţiunilor cristaline sînt clar marcate în aspectul anomaliei magnetice. Ofiolitele metamorfozate se detaşează net, prin proprietăţile lor magnetice ridicate, în raport cu magmatitele

[3] Andrei J. (1964, 1965), Rap., Arh. IGPSMS.

acide şi cu complexul blastodetritic al cristalinului de Highiş-Drocea. Şisturile tufogene bazice, amfibolitele şi şisturile amfibolice, cît şi gnaisele biotitice ale diferitelor serii cristaline din Carpaţii Meridionali sînt tot atîtea surse de anomalii magnetice. Aceleaşi efecte sînt legate şi de gnaisele albitice, cît şi de şisturile actinolitice cu ilmenit din cristalinul de Locva (Andrei et al., 1975)[4].

Ofiolitele mezozoice reprezintă o sursă importantă de anomalii magnetice (Romanescu, 1969), fapt care permite urmărirea dezvoltării lor în subasmentul depresiunii. Intruziunile banatitice generează de asemenea anomalii magnetice (Cristescu et al., 1962[5] 1963[5]; Andrei et al., 1975).

CONSIDERAŢII GEOLOGICE GENERALE

Molasele Depresiunii Pannonice nu acoperă decît unităţi aparţinînd Dacidelor (zonele carpatice interne cu tectogeneză cretacică) occidentale şi meridionale.

Sectoarele central şi sudic ale depresiunii sînt mărginite spre est de trei ansambluri structurale majore: (1) Apusenii septentrionali „autohtonul" de Bihor (= Tatride), sistemul pînzelor de Codru (= pînzele subtatrice) şi sistemul pînzelor de Biharia-Muncel (Bleahu, 1976) (= Gemeride); (2) Apusenii meridionali (zona munţilor Metaliferi) care comportă pînze de soclu cu şisturi cristaline (Metaliferii sialici) şi pînze cu ofiolite (Metaliferii simici) (Săndulescu, 1975) şi (3) domeniul supragetic, grupînd cu precădere mase cristaline, acoperite de o cuvertură de depozite paleozoice superioare şi mezozoice, în general subţiri şi lacunare, de tip rid (Săndulescu, 1975).

Tectogenezele principale care au desăvîrşit structura acestor ansambluri structurale sînt (Bleahu, 1976; Lupu, 1976, Năstăseanu, 1975; Patrulius, 1976; Săndulescu, 1975): (1) pre-Gosau pentru Apusenii septentrionali, (2) „laramică" pentru zona munţilor Metaliferi şi pentru Dacidele meridionale. În aceste din urmă zone se cunosc şi urmele tectogenezelor mezocretacice, iar în munţii Metaliferi şi ale celei pre-Gosau.

În aceste circumstanţe este evident că în cuvertura post-tectogenetică nu pot să se dezvolte decît formaţiuni terţiare, acolo unde această cuvertură există. Face excepţie sectorul Apusenilor septentrionali, unde cuvertura post-pînze debutează cu formaţiuni senoniene (Formaţiunea de Gosau).

Relativ la tipurile de pînze, cele mai caracteristice pînze de soclu sînt cele din sistemul Biharia-Muncel, precum şi pînzele getică şi supragetică. Majoritatea pînzelor din sistemul de Codru-Arieşeni sînt pînze de cuvertură. Face excepţie pînza de Finiş-Gîrda (pînza de Codru s.s.) care, conform cunoştinţelor actuale, comportă în partea sa de rădăcină şi formaţiuni cristaline. Unităţile care aflorează în partea vestică a zonei munţilor Metaliferi sînt fie pînze cu soclul ofiolitic, fie pînze de cuvertură ce înglobează şi roci ofiolitice, fie pînze de cuvertură tipice.

---

[4] Andrei J., Ciucur E., Duma N., Nedelcu-Ion C., Rusu N. (1975), Rap. Arh. IGG.
[5] Cristescu Tr., Ştefănciuc Al. (1962, 1963), Rap. Arh. IGPSMS.

ALCĂTUIREA GEOLOGICĂ A SUBASMENTULUI CUTAT AL DEPRESIUNII PANNONICE

Pentru urmărirea extinderii tronsoanelor carpatice sub molasele depresiunii, vom reține în primul rînd faptul că Metaliferii simici (cu ofiolite) marchează cea mai sudică unitate a Apusenidelor, dincolo de care se dezvoltă structurile Carpaților meridionali.

Zona ofiolitică. În subasmentul depresiunii, la sud de Mureș, se urmărește o zonă alungită și arcuită, curbată convex spre NV, care reprezintă, după configurația anomaliilor magnetice și parțial gravimetrice, extinderea spre vest a unităților cu ofiolite din Apusenii sudici. În cîteva foraje (5 și 118 Bencecu de Jos, 7 Ianova etc) au fost interceptate, sub Neogen, bazalte din cortegiul ofiolitic mezozoic. În lungul acestei zone, hărțile aeromagnetice (Cristescu et al., 1963) au pus în evidență grupuri de anomalii cu caracter dipolar. În sectorul estic, în care se face trecerea de la zona de afloriment a ofiolitelor la subasmentul depresiunii, imaginile magnetice, caracterizate de benzi înguste de anomalii dipolare reflectă extinderea rocilor bazice, cît și caracterul cutat al unităților care le conțin. Mai spre vest, morfologia anomaliilor magnetice sugerează adîncimea crescută dar încă relativ redusă la care se află complexele ofiolitice, în timp ce la SV de Dumbrăvița, intensitatea lor scade datorită creșterii adîncimii la care se găsesc sursele ce le determină.

În cuprinsul zonei ofiolitice, la meridianul localității Guvești dia, maximul gravimetric regional al Metaliferilor vestici este închis de un puternic cordon de gradient (Andrei et al., 1971)[6]. El marchează existența unei fracturi importante — falia Lugoj—Zarand — care coboară compartimentul de la vest de ea și care intersectează nu numai zona ofiolitică ci și elementele situate la nord și la sud de aceasta. Pe aliniamentul Bencecu—Recaș, o altă falie transversală, falia Sacoșu Mare—Arad, traversează zona ofiolitică. La SV de această fractură, zona ofiolitică se îngustează, fie datorită unei restrîngeri alătimii primare, fie unei mai puternice eroziuni preneogene care a îndepărtat o parte mai importantă a formațiunilor ofiolitice șariate spre nord, peste unitățile cu șisturi cristaline.

Limita zonei ofiolitice cu unitățile Carpaților meridionali este marcată de o fractură importantă, bine reflectată pe harta anomaliei magnetice unde se constată o bruscă și importantă schimbare a configurației cîmpului geomagnetic. Importanța acestei fracturi, probabil de tip crustal, este subliniată de faptul că la verticala ei se află corpul de bazalte pliocene de la Lucareț, de origină subcrustală (Hertz et al., 1973). Caracterul activ al fracturii este reliefat de cîteva epicentre ale unor cutremure normale, care se dispun pe direcția ei.

Elementele structurale în prelungirea Apusenilor nordici. Datele gravimetrice și magnetice permit cu precădere urmărirea, în subasmentul Depresiunii Pannonice a cristalinului de Highiș-Drocea. În zona de afloriment a acestuia, principala anomalie gravimetrică cartată se situează, în partea vestică a masivului Highiș. Ea are o extindere largă în suprafață și o intensitate remarcabilă, determinată probabil de dezvoltarea în adîncime a intruziunilor gabbroidice (Andrei et al., 1971). Complexul

[6] Andrei J., Ionescu Fl., Ciucur E., Nedelcu-Ion C. (1971), Rap. Arh. IGG.

ofiolitic metamorfozat (Savu, 1962) se reflectă atît în anomalia gravității, determinînd excese de masă, cît și în anomalia magnetică, prezentînd un contrast de susceptibilitate de cca $200 \cdot 10^{-6}$ uCGS, față de formațiunile seriei de Păiușeni. Unele granitoide tardeorogene, pot de asemenea să genereze anomalii magnetice. În acest context trebuie interpretată și importanta anomalie magnetică, cu caracter dipolar, extinsă pe direcția E—V, între Frumușeni, Fîntînele și sud Felnec. Ea se dispune în prelungirea spre vest a celei cartate în munții Highiș, marcînd existența cristalinului de acest tip în subasmentul Depresiunii Pannonice. Același tip de sursă perturbantă determină preponderent și anomalia de maxim evidențiată de hărțile gravimetrice. Forajele confirmă această ipoteză; ele au întîlnit în mai multe puncte granitoide comparabile cu cele din munții Highiș.

O interpretare asemănătoare se impune și pentru anomaliile gravimetrice și magnetice de maxim din sectorul Chișineu Criș. Aceste anomalii ocupă o suprafață însemnată, trecînd și pe teritoriul Ungariei. Într-o serie de studii, aceste anomalii au fost puse în legătură cu ridicarea subasmentului depresiunii. Interpretarea este nesatisfăcătoare, o asemenea sursă perturbantă contribuind cu un procent foarte redus la explicarea anomaliei gravității. Într-adevăr în vecinătatea frontierei, pe flancul maximului gravimetric se dispune o zonă de îngroșare a molaselor neogene care înspre vest, pe teritoriul Ungariei, ajunge la valori de cca 7000 m. Admitem în consecință că ea este determinată de mase dense, magnetizate, cu extindere importantă, asemănătoare celor din zona Zădăreni—Arad, marcînd astfel extinderea pînă în regiunea Chișineu-Criș a cristalinului de tip Highiș. Aici volumele ofiolitelor metamorfozate și a maselor intruzive gabbroice și de sienite nefelinice ar fi chiar mai importante decît în zonele de afloriment din Highiș. Cristalinul de Highiș luînd parte de fapt la alcătuirea pînzei de Biharia rezultă că această unitate se extinde în subasmentul Depresiunii Pannonice din regiunea văii Mureșului pînă în zona Chișineu-Criș. Conservarea pînzei de Biharia, care în eșafodajul structural al Apusenilor nordici are poziția cea mai înaltă, a fost posibilă datorită existenței faliei Lugoj—Zarand, a cărui compartiment vestic este coborît (pl. I), determinînd eroziunea diferențială a acestei unități.

La nord de pînza de Biharia, în subasmentul Depresiunii Pannonice se dezvoltă unitățile sistemului pînzelor de Codru-Arieșeni. După rezultatele forajelor se pare că cea mai mare suprafață ar fi ocupată de pînza de Codru (= Finiș—Gîrda). Elemente superioare pînzei de Codru s-au păstrat, se pare, sub forma unui petec de acoperire în subasmentul extremității nordice a depresiunii Beiuș. Aici morfologia anomaliei magnetice sugerează prezența unor formațiuni eruptive cu caracter bazic, flancate de două aliniamente de roci acide, slab magnetizate. Ele ar trebui logic legate de pînza de Dieva, unde Permianul cuprinde pe lîngă roci acide și spilite sau tufurile lor.

Prezența seriei sedimentare, caracteristică „autohtonului" de Bihor, în forajele săpate în regiunea Oradea—Toboliu, marchează extinderea acestei unități pînă dincolo de Oradea. Mai puțin clară este apartenența unei părți a cristalinului situat imediat la sud de aceste formațiuni mezozoice. El ar putea aparține „autohtonului" de Bihor sau pînzei de Codru.

În ambele cazuri, între depozitele mezozoice şi cristalinul de la sud există o fractură orientată E—V. Ea ar putea reprezenta o fractură post-pînză cu compartimentul sudic coborît, determinînd conservarea de eroziune a pînzei de Codru, sau o fractură recentă preneogenă care a ridicat o parte a „autohtonului" de Bihor în compartimentul de la sud de ea. În această a doua ipoteză urma planului de şariaj a pînzei de Codru ar înconjura pe la sud cristalinul din regiunea Salonta.

Referindu-ne şi la forajele săpate în vecinătatea frontierei pe teritoriul Ungariei (Wein, 1969), constatăm că în regiunea Totkomlos a fost întîlnită o serie sedimentară care are afinităţi cu „autohtonul" de Bihor, încălecată de formaţiuni cristaline şi granite (Battonya) de tipul celor din munţii Highiş (pînzele de Biharia), situaţie posibilă doar în cazul unei poziţii complet desrădăcinate a unităţilor sistemului de Codru-Arieşeni.

Elemente structurale în prelungirea Carpaţilor meridionali. Aria de extindere a elementelor structurale din Carpaţii meridionali în subasmentul Depresiunii Pannonice este limitată spre nord şi vest de zona ofiolitică. Faliile Lugoj—Zarand şi Sacoşul Mare—Arad împart această arie în trei compartimente. Cel nordic, relativ restrîns ca suprafaţă, are în constituţia lui formaţiuni cristaline asemănătoare cu cele din Poiana Ruscă. Compartimentul median, care corespunde grabenului Lugojului, ar putea ca pe lîngă formaţiunile cristaline să cuprindă şi formaţiuni sedimentare preterţiare aparţinînd pînzei supragetice. Compartimentul sudic este mai extins ; el cuprinde elemente de subasment la alcătuirea cărora predomină formaţiunile cristaline şi mai puţin cele sedimentare, relativ subţiri. Constituţia cristalinului din compartimentul sudic este de aşteptat să fie mai variată. Aici trebuie să se regăsească formaţiuni de tipul celor din insula Buziaş, sau a celor epizonale de tip Valea Pai sau Vărădia.

La NV de aria de dezvoltare a cristalinului de Buziaş, se dezvoltă o amplă anomalie magnetică de maxim, care sugerează existenţa unui cristalin diferit de cel din sectoarele învecinate, unde cîmpul magnetic este slab perturbat. Întrucît singurele formaţiuni cristaline din vestul Carpaţilor meridionali care au o susceptibilitate magnetică ridicată se găsesc în seriile epizonale din Poiana Ruscă şi Locva, presupunem că în aria amintită formaţiuni epizonale de acest tip sînt suprapuse cristalinului mezometamorfic de Buziaş.

În cea mai mare parte, formaţiunile cristaline amintite mai sus aparţin domeniului supragetic. Deocamdată este mai greu de precizat dacă în Banat se găsesc şi elemente aparţinînd masivului Serbo—Macedonian. În măsura în care partea vestică a cristalinului de la Vîrşeţ aparţine masivului Serbo—Macedonian s-ar putea accepta prelungirea acestei unităţi majore şi în Banat, între zona ofiolitică şi pînza supragetică. Formaţiuni cristaline care ar putea aparţine aceluiaşi masiv s-ar putea găsi şi la vest de zona ofiolitică (conform hărţii geologice a Serbiei sc. 1 : 200.000), fapt care ar presupune bifurcarea elementelor masivului Serbo—Macedonian în două ramuri, între care zona ofiolitică s-ar termina în pană (Săndulescu, 1975). În ideea că zona Sumadja se bifurcă spre NE, înspre zona ofiolitică şi spre NV spre Fruska Gora, cristalinul din vestul Banatului şi din regiunea Szeged, nu ar mai putea fi legat de masivul Serbo—Macedonian.

MAGMATISMUL BANATITIC

Aşa cum am mai amintit corpurile intrusive banatitice sînt bine evidenţiate pe hărţile magnetice. Se poate astfel contura extinderea, sub molasele neogene, a corpurilor ce afloreză pe marginea depresiunii, ca cele de la Bocşa şi Surduc, sau se pot pune în evidenţă arii ocupate de banatite şi acoperite în întregime de molasele depresiunii, cum sînt cele din zona Ivanda-Timişoara (unde se evidenţiază trei plutoni banatitici : Ivanda, Utvin şi Bazoş), sau de la vest de Bocşa (sub depresiunea Caransebeş, la Govăjdia).

În întreaga zonă Bocşa—Surduc, morfologia anomaliei magnetice arată o alcătuire petrografică complicată, pusă în evidenţă de altfel şi de cercetările geologice din această zonă (Russo—Săndulescu et al., 1979). Plutonii banatitici din zona Ivanda—Timişoara, se reflectă în harta ΔT prin maxime magnetice bine conturate, cu o morfologie simplă şi intensităţi reduse (pînă la 100 γ). În această arie se remarcă faptul că banatitele sînt intruse prin zona ofiolitică sau în imediata sa apropiere.

TECTONICA RUPTURALĂ POST-PÎNZE

Hărţile structurale, construite pe baza datelor seismometrice şi care au ca principal orizont de referinţă relieful preneogen, arată dezvoltarea unui sistem destul de complex de fracturi (Visarion et al., 1979). Principalele fracturi se manifestă şi în anomalia gravităţii, prin îndesiri accentuate ale izoliniilor şi tendinţa de orientare preferenţială a acestora pe direcţia lor. Aspectul pe alocuri foarte mozaicat, existenţa unor brecii de pantă generate de eroziunea postfalii sau alunecarea orizontului seismic de referinţă de pe suprafaţa formaţiunilor cristaline pe cea a formaţiunilor calcaroase mezozoice, fac uneori dificilă ierarhizarea fracturilor din subasmentul depresiunii.

Dintre fracturile existente considerăm de o importanţă particulară faliile : Borod, Dobreşti—Sînnicolaul Român, sud Salonta, Lugoj—Zarand, Sacoşu Mare—Arad şi Nădlag—Jimbolia. Primele trei au compartimentul sudic coborît şi marchează marginea nordică a depresiunilor Borod, Beiuş şi Zarand, care au un caracter predominant asimetric, fracturile de pe flancurile lor sudice avînd săriturile relativ mici. Ultimele trei dintre fracturile enumerate au orientări NV—SE, spre deosebire de primele ce sînt aproximativ latitudinale. Ele traversează mai multe unităţi majore din subasmentul depresiunii. Faliile Lugoj—Zarand şi Sacoşu Mare—Arad delimitează un graben important, în care au fost păstrate, la N de valea Mureşului, pînzele sistemului Biharia, pînă în zona Chişineu Criş. Şi în cazul acestui graben falia nord-estică are o săritură mai mare, care pe alocuri poate atinge valori de peste 1000 m.

Unele fracturi au avut pe lîngă componenta verticală şi deplasări orizontale. În acest grup se remarcă în primul rînd falia Lucareţ, ce limitează zona ofiolitică spre S şi E. Ea a permis, în timpul tectogenezelor cretacice, deplasări dextre care par a fi foarte importante.

Dintre blocurile separate de fracturile din subasmentul depresiunii se desprind cîteva mai semnificative. La sud de Mureș ridicările mai importante sînt : Arad—Zădăreni—Turnu, Calacea—Satchinez, Lieblig—Soșdea, Bencec—Recaș, sud Timișoara, Ivanda, Bonloc și Teremia—Cherestur (Visarion et al., 1979).

Între Mureș și Crișul Repede, ridicările au în general forma unor promontorii care se afundă spre vest. Dintre ele remarcăm următoarele : Ineu—Chișineu Criș, Satu Nou—Beliu și Tinca.

Zonele coborîte formează cuvete de dimensiuni și orientări diferite. Cuvetele Sînnicolaul Mare—Jimbolia (cea mai bine exprimată din vestul Banatului), Foeni și Tolvadia sînt principalele arii de coborîre de la sud de Mureș. La nord de această vale principala arie coborîtă, situată între Grăniceri—Sînmartin, reprezintă pe teritoriul țării noastre doar partea estică a unei mari depresiuni (4500—5000 m), cu maximul de afundare pe teritoriul Ungariei. În bazinul Crișurilor, cuvetele au forme alungite și se înmănunchează la SV de Salonta într-o altă arie scufundată puternic (—4000 m), deschisă spre Ungaria.

Structurile pozitive pot fi de două tipuri : reliefuri îngropate (cele mai frecvente) sau de subsidență diferențială. De obicei, pe aceste structuri subasmentul este acoperit direct de depozite pannoniene și, uneori, sarmațiene. În cuvete, secvența sedimentară poate fi mai cuprinzătoare înglobînd și formațiuni miocene medii, iar în Banat și miocene inferioare. Unele din ariile de subsidență activă s-au manifestat pînă foarte recent, cum este cazul zonei dintre Mureș și Tisa (—2 mm/an) care cuprinde și colțul cel mai de vest al țării noastre (Visarion, Drăgoescu, 1975).

PARTICULARITĂȚI ALE SCOARȚEI ȘI MANTALEI SUPERIOARE

Cercetările seismice prin sondaje de adîncime au arătat că sub Depresiunea Pannonică discontinuitatea Mohorovičič este situată la adîncimi mai mici de 30 km (Rădulescu et al., 1976). Subțierea progresivă a scoarței spre vest este sugerată și de datele gravimetrice, care pun în evidență o pozitivare accentuată a valorilor gravității în această direcție.

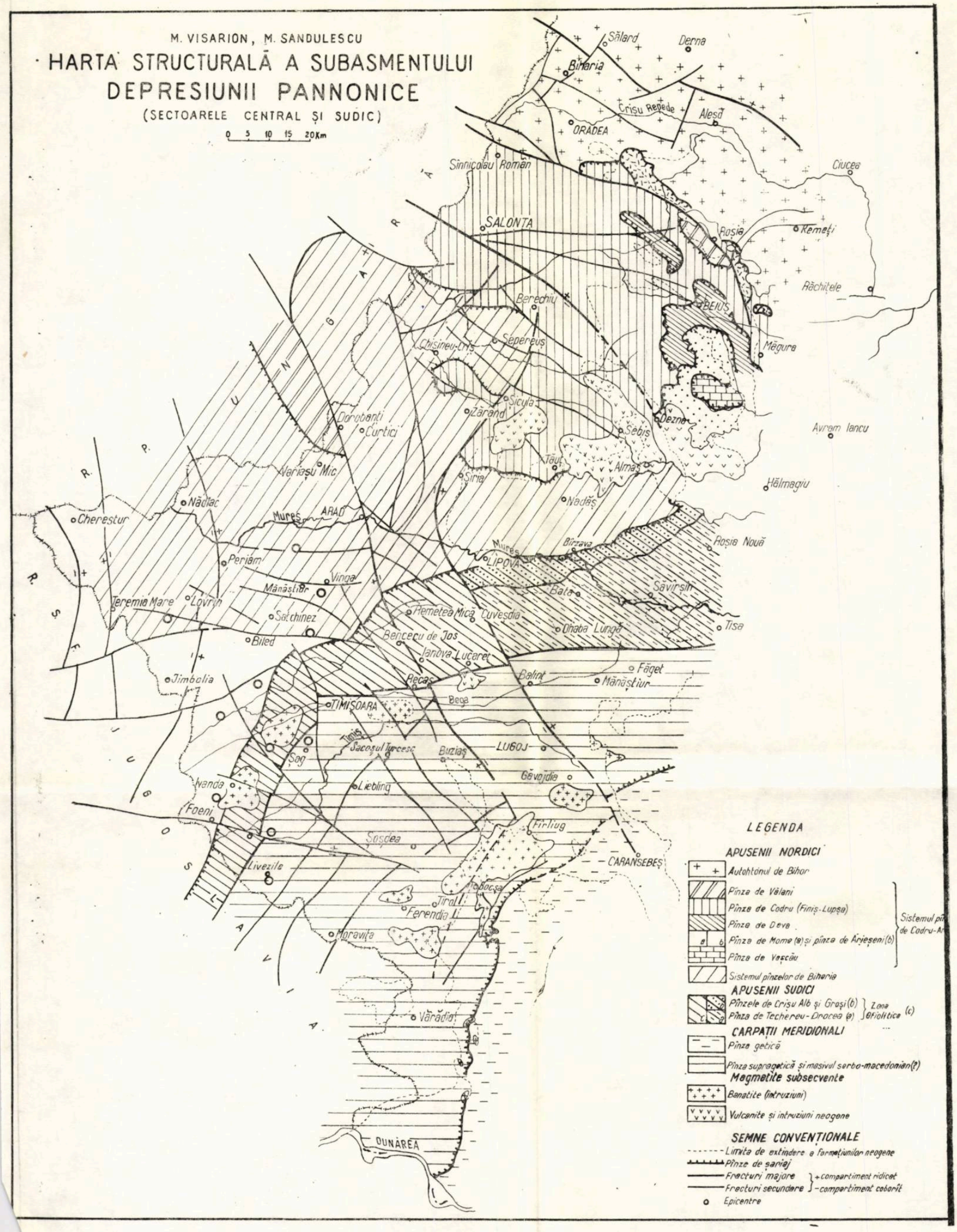
Depresiunea Pannonică este sediul unei importante anomalii geotermice regionale : 85—94 mW/m^2 în Cîmpia de vest (Veliciu et al., 1977) și 100—120 mW/m^2 în Ungaria (Scheffer, 1963 ; Stegena, 1976). Studii recente au arătat (Visarion et al., 1978) că temperatura la adîncimea de 30 km, corespunzătoare nivelului mediu al suprafeței Mohorovičič, depășește 800°C ; fluxul termic la nivelul mantalei superioare intervine cu mai mult de 50 % în valoarea fluxului termic determinat la suprafață. Distribuția temperaturii în adîncime poate constitui elementul principal pentru creșterea stressului termoelastic în scoarță, care se relaxează în seisme normale. În aria centrală și sudică a Depresiunii Pannonice din țara noastră se disting două sectoare în care se produc periodic cutremure crustale : Oradea—Carei și Timișoara—Vinga—Variaș, ultima fiind situată în aria de interes a prezentului studiu. Ea este caracterizată printr-o seismicitate accentuată, cu focare situate la adîncimi reduse (5—10 km), care produc cutremure cu magnitudini ce nu depășesc în general $M = 5{,}0$

M. VISARION, M. SANDULESCU

HARTA STRUCTURALĂ A SUBASMENTULUI DEPRESIUNII PANNONICE

(SECTOARELE CENTRAL ȘI SUDIC)

0 5 10 15 20Km



LEGENDA

APUSENII NORDICI

- Autohtonul de Bihor
- Pînza de Vălani
- Pînza de Codru (Finiș-Lupșa)
- Pînza de Deva
- Pînza de Moma (a) și pînza de Arieșeni (b)
- Pînza de Vașcău

Sistemul pînzelor de Codru-Ar

- Sistemul pînzelor de Biharia

APUSENII SUDICI

- Pînzele de Crișu Alb și Groși (b)
- Pînza de Techereu-Drocea (a)

} Zona ofiolitică (c)

CARPAȚII MERIDIONALI

- Pînza getică
- Pînza supragetică și masivul sarbo-macedonian(?)

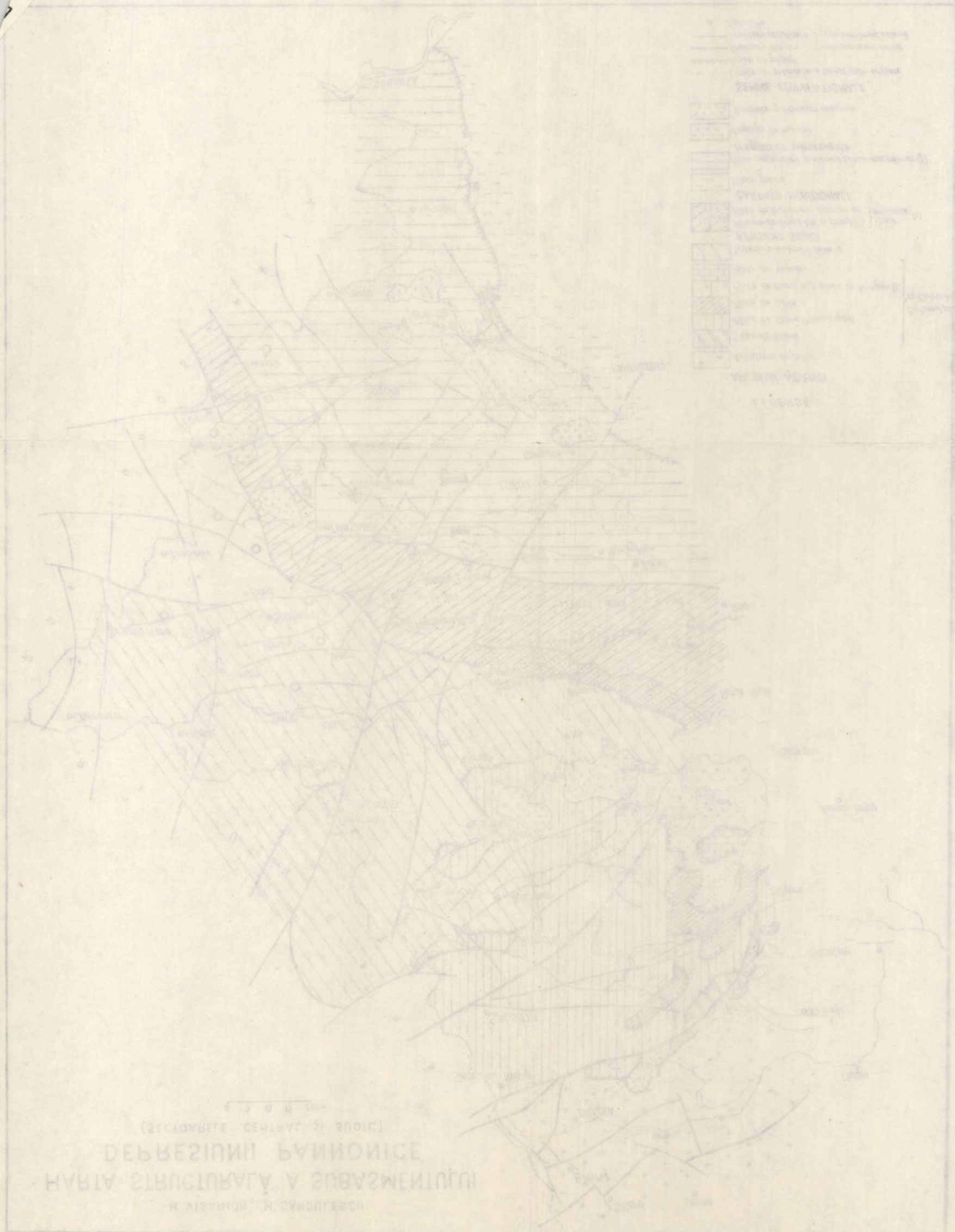
Magmatite subsecvente

- Banatite (intruziuni)
- Vulcanite și intruziuni neogene

SEMNE CONVENȚIONALE

- Limita de extindere a formațiunilor neogene
- Pînze de șariaj
- Fracturi majore } +compartiment ridicat
- Fracturi secundare } -compartiment coborît
- Epicentre

Fig. 1



(scara Richter) şi cu intensităţi pînă la gradul $I = 7$ (scara Mercalli). Ariile de manifestare macroseismică sînt de formă eliptică, cu axele dirijate pe direcţia fracturilor majore. De-a lungul lor se înşiră principalele epicentre ale cutremurelor bănăţene.

Particularităţile scoarţei şi mantalei superioare sub Depresiunea Pannonică, studiate în România (Rădulescu et al., 1976 ; Veliciu et al., 1977 ; Visarion et al., 1978) şi, mai ales în Ungaria (Szenàsz, 1972 ; Poszgay, 1975 ; Stegena et al., 1975) privesc aspecte diverse şi anume : grosimea redusă a scoarţei (25—30 km), poziţia elevată a stratului de înaltă conductivitate (HCL = 40—60 km), ca şi a zonei de viteze reduse (ZVM = 80—88 km), flux termic ridicat (80—120 mW/m^2), manta superioară cu proprietăţi anomale (viteză de propagare a undelor elastice şi densitate cu valori mai mici decît cele normale).

Grosimea redusă a stratului bazaltic (5—8 km) sub Depresiunea Pannonică a fost explicată (Stegena et al., 1975) prin admiterea existenţei unui „diapir" subcrustal activ în Miocen, ca urmare a proceselor de subducţie din zona carpatică, urmat de scufundarea depresiunii pentru restabilirea echilibrului izostatic. Luînd în considerare întreaga arie carpatică, modelul prezentat mai sus implică unele inconsecvenţe : subducţia soclurilor carpatice în Miocen a avut loc în tot lungul zonei flişului şi prin urmare şi în Depresiunea Transilvaniei ar trebui găsite aceleaşi particularităţi ca şi în Depresiunea Pannonică. Or se constată că aici grosimea stratului bazaltic este normală, iar fluxul termic are valori relativ reduse. Încercînd o explicaţie remarcăm faptul că în timp ce Depresiunea Transilvaniei este vecină doar cu zona în care s-a produs consumul soclurilor flişurilor est-carpatice, Depresiunea Pannonică este situată într-o arie spre care converg două sisteme de zone de subducţie (cel carpatic şi cel dinaric), convergenţă ce ar putea eventual determina apariţia „diapirului" de manta, prin comprimarea acestuia. Rămîne ca rezolvarea definitivă a acestei probleme să constituie o sarcină a cercetărilor geofizice viitoare.

Primit la redacţie
la 5 aprilie 1978

BIBLIOGRAFIE

AIRINEI ST., PRICĂJAN A. (1976), *A conceptual pattern to the complex investigation of the underground waters thermalization in the western Plain of Romania.* Rev. Roum. Géol., Géophys. et Géogr., Géophysique, **20**, Bucarest.

ALI-MEHMED E., BANDRABUR T., CRĂCIUN P., GHENEA C., POLONIC P., VISARION M. (1978), *Contributions to the knowledge of structures with thermal waters in the eastern part of the pannonian Depression (Romania).* Ann. Inst. Geol. Publ. Hung., **LIX**, *1—4*, Budapest.

BLEAHU M., ISTOCESCU D., DIACONU M. (1971), *Formaţiunile preneogene din partea vestică a Munţilor Apuseni şi poziţia lor structurală.* D.S. Inst. Geol., **LVII**/*5*, Bucureşti.

BLEAHU M. (1974), *The Apuseni Mountains, in Tectonics of the Carpathian-Balkan Regions.* Ed. Inst. Geol. Dionys, Stur, Bratislava.

BLEAHU M. (1976), *Structure géologique des Apuseni septentrionaux.* Rev. Roum. Geol., Géophys. et Géogr., Géologie, **20**, Bucarest.

BOTEZATU R., VISARION M., SCURTU FL., CUCU G. (1973), *Gravitational attraction of geological structures with variable density.* Rev. Roum. Géol., Géophys. et Géogr., sér. Géophysique, **17**, *2*, Bucarest.

CONSTANTINESCU P., MITUCH E., POZGAY K., RĂDULESCU F. (1975), *Deep seismic sounding in the eastern part of the Pannonian Basin along the international profile XI.* Rev. Roum. Géol., Géophys. et Géogr., sér. Géophysique, **19**, Bucarest.

HERZ N., JONES L. M., SAVU H., WALKER R. L. (1973), Sr^{87}/Sr^{86} *analysis of ophiolitic and related rocks, Drocea Mountains, Romania.* Intern. Symp. on volc. and assoc. metallog. (abstracts).

IANOVICI V., GIUŞCĂ D., GHIŢULESCU T. P., BORCOŞ M., LUPU M., BLEAHU M., SAVU H. (1969), *Evoluţia geologică a Munţilor Metaliferi.* Edit. Acad. RSR, Bucureşti.

IANOVICI V., BORCOŞ M., BLEAHU M., PATRULIUS D., LUPU M., DIMITRESCU R., SAVU H. (1976), *Geologia Munţilor Apuseni.* Edit. Acad. RSR, Bucureşti.

IONESCU N. (1974), *Condiţiile acumulării hidrocarburilor naturale în capcane litostratigrafice şi posibilităţile seismometriei la detectarea zăcămintelor de acest tip pe şelfuri, cu privire specială la Banat* (teză de doctorat). Univ. Bucureşti.

KRÄUTNER H., KRÄUTNER F., MUREŞAN M., MUREŞAN G. (1969), *Stratigrafia, evoluţia magmatismului, metamorfismul şi tectonica formaţiunilor cristaline din unitatea epimetamorfică a masivului Poiana Ruscă.* Ann. Inst. Géol., 37, Bucureşti.

LUPU M. (1976), *The main tectonic features of the Southern Apuseni Mountains.* Rev. Roum. Géol., Géophys. et Géogr., sér. Géologie, **20**, *1*, Bucarest.

MAIER O. (1974), *Studiul geologic şi petrografic al masivului Locva.* Stud. tehn. econ., Ser. **I**, *5*, Bucureşti.

NĂSTĂSEANU S. (1975), *Aperçu synthétique sur la géologie des Carpathes méridionales entre le Danube et le Jiu.* BSGF (7), **XVII**, *3*, Bucarest.

PARASCHIV D., CRISTIAN M. (1975), *Cu privire la particularităţile regimului geotermic din sud-estul Depresiunii Panonice.* Rev. petrol şi gaze, **26**, *3*, Bucureşti.

PATRULIUS D. (1976), *Les formations mésozoiques des Monts Apuseni septentrionaux: corrélation chrono-stratigraphique et faciale.* Rev. Roum. Géol., Géophys. et Géogr., sér. Géologie, **20**, *1*, Bucarest.

POSZGAY K. (1975), *Mit Reflexionsmessungen bestimmte Horizonte und Geschwindigkeitsverteilung in der Erdkruste und im Erdmantel.* Geofiz. Közl., *23*, Budapest.

RĂDULESCU D. P., CORNEA I., SĂNDULESCU M., CONSTANTINESCU P., RĂDULESCU F., POMPILIAN A. (1976), *Structure de la croûte terrestre en Roumanie. Essai d'interprétation des études sismiques profondes.* An. Inst. Geol., Geofiz., **L**, Bucarest.

ROMANESCU D. (1969), *Trăsăturile caracteristice ale magnetizării rocilor din Munţii Apuseni şi din partea de nord a masivului Poiana Ruscă.* Stud. cerc. geol., geofiz., geogr., ser. geofiz., **7**, *2*, Bucureşti.

SAVU H. (1962), *Cercetări petrografice în masivul Drocea.* DS Com. Geol., *43*, Bucureşti.

SAVU H., LUPU M., AVRAM EM. (1979), *Harta geologică a R. S. România sc. 1:50.000, foaia Săvîrşin,* Arh. IGG, Bucureşti.

SĂNDULESCU M., NĂSTĂSEANU S., KRÄUTNER H. (1974), *The South Carpathians.* In „Tektonics of the Carpathians Balkan regions", Bratislava.

SĂNDULESCU M. (1975), *Essai de synthèse structurale des Carpates.* Bull. Soc. Géol. Fr., Tér. 7e, **XVII**, *3*, Paris.

SCHEFFER V. (1963), *The regional values of the geothermic gradient in the area of the Carpathian basin.* Acta Tech. Acad. Sci. Hung., *43*, Budapest.

STEGENA L., GÉCZY B., HORVATH F. (1975), *Late cenozoic evolution of the Pannonian Basin.* Tectonophysics, **26**.

STEGENA L. (1976), *The variation of temperature with depth in the Pannonian Basin.* In „Adam A. (Ed) : Geoelectric and geothermal studies (East. Central Europe, Soviet Asia)" KAPG Geoph. Monograph, Akad. Kiadó, Budapest.

SZÉNÓS G. (1972), *The crustal structure of central and southeastern Europe based oh the results of explosion seismology.* Geophys, Trans., Spec. Edit., Budapest.

VELICIU S., CRISTIAN M., PARASCHIV D., VISARION M. (1977), *Preliminary data of heat flow distribution in Romania.* Geothermics, **6**.

VISARION M., DRĂGOESCU I. (1975), *Considerations on the earth's crust recent vertical movements in Romania.* Rev. Roum. Géol., Géophys. et Géogr., Géophysique, **19**, Bucarest.

VISARION M., VELICIU S., CONSTANTINESCU P., ŞTEFĂNESCU M. (1978), *Crustal temperature-depth profile across Romania.* Rev. Roum. Géol., Géophys. et Géogr., Géophysique, **22**, Bucarest.

VISARION M., POLONIC P., ALI-MEHMED E. (1979), *Caracteristici structurale ale Depresiunii Panonice (sectorul sudic), rezultate din studiul integrat al datelor geofizice.* Stud. tehn. econ., Ser. D, 12, Bucureşti.

STRUCTURE DU SOUBASSEMENT DE LA DÉPRESSION PANNONIENNE EN ROUMANIE (SECTEURS CENTRAL ET MÉRIDIONAL)

(RÉSUMÉ)

L'analyse conjuguée des données géophysiques (gravimétriques, magnétiques et sismiques) et de celles géologiques a apporté de nouvelles précisions sur la structure du soubassement plissé de la Dépression Pannonienne. La connexion avec les unités qui affleurent aux bords de celle-ci élargit le cadre de cette analyse.

Une zone ophiolitique — la prolongation vers le sud-ouest des Métallifères simiques — qui traverse le Banat et passse en Yougoslavie, sépare les éléments structuraux a schistes cristallins des Carpates méridionales (essentiellement appartenant au domaine supragétique) de ceux des Apuseni septentrionaux, toujours à socle sialique. Un large développement gagne, sous les molasses néogènes, le groupe des nappes de Biharia (caractérisé par le cristallin de type Highiş), clairement mis en évidence par la morphologie des anomalies magnétiques et gravimétriques, unités qui s'étendent depuis la zone de Chişineu Criş jusqu'au sud de la vallée du Mureş. Les nappes du système de Codru—Arieşeni sont eux aussi présentes au-dessous des molasses ; la plus grande partie est occupée par la nappe de Codru (Finiş—Gîrda), mais des restes de la nappe de Dieva s'y trouvent aussi.

Caractérisés par des aspects particuliers de l'anomalie magnétique et gravimétrique, des massifs banatitiques ont été mis en évidence au sud de Mureş, traversant les éléments du socle plissé.

La corrélation avec les unités connues sur les territoires hongrois et yougoslave montre que : les schistes cristallins et les granites de Battonya appartiennent aux nappes de Biharia, la zone ophiolitique passe en Yougoslavie, les schistes cristallins du massif Serbo—Macédonien se trouvent à l'est de cette zone et peut-être à l'ouest aussi, cas dans lequel la zone ophiolitique se termine en biseau au nord du Danube.

ASUPRA PROPRIETĂȚILOR MAGNETICE ALE BAUXITELOR DIN MUNȚII PĂDUREA CRAIULUI

DE

SORIN RĂDAN și MARIA RĂDAN

Institutul de geologie și geofizică, Str. Caransebeș 1, București

INTRODUCERE

Abordarea unei probleme geofizice atrage după sine — cum este larg cunoscut — considerarea a două grupe de necunoscute: a) parametrii fizici care caracterizează rocile constituind subsolul din regiunea studiată; b) datele privind geometria repartiției diferitelor tipuri de roci în adîncime. Aflarea acestora conduce la realizarea unor modele eficiente pentru interpretarea cantitativă în geofizica aplicată.

Rezolvarea primei ecuații s-a reușit, în anumite condiții, prin determinarea directă a parametrilor respectivi. Cunoașterea proprietăților fizice ale rocilor a avut, de aceea, un interes crescînd. Utilitatea unor asemenea informații se manifestă atît în faza acordării semnificației fizico-geologice pentru ridicările geofizice, cît și — acest aspect trebuind să fie, de fapt, primul considerat — în etapa de stabilire a oportunității aplicării unei metode geofizice.

*

Printre proprietățile fizice ale rocilor, magnetismului lor — a cărui istorie, strîns legată de descoperirea așa-numitului „lodestone", începe cu peste 2500 de ani în urmă — i s-a atribuit un loc aparte. Odată cu intensificarea folosirii metodei magnetice în prospectarea zonelor cu posibile acumulări de magnetit a crescut și importanța studierii proprietăților magnetice ale rocilor.

Descoperirea magnetizării remanente, cu aplicațiile ei ulterioare la numeroase probleme de mare interes cu reflexii dintre cele mai spectaculoase în conceptul tectonicii globale, a marcat un moment important în dezvoltarea „magnetismului rocilor", astfel că din 1950 a devenit unul din subiectele geofizice larg studiate.

Asupra acestei componente a magnetizării rocilor dorim, dealtfel, să atragem atenția în articolul de față, și aceasta, cu atît mai mult, cu cît lucrările precedente consacrate problemei investigării, prin metoda magnetică, a acumulărilor de bauxite din Munții Pădurea Craiului au neglijat complet magnetizarea remanentă pentru acest tip de rocă. Menționăm în acest sens ultima lucrare publicată (Airinei și Velcescu, 1970), în care se găsesc referiri și la cercetările magnetice anterioare și în care — legat de proprietățile magnetice ale bauxitelor — nu este luată în considerație decît susceptibilitatea magnetică.

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 2, P. 203–212, BUCUREȘTI, 1979

În acest context, precizînd că parametrii magnetici au fost determinaţi şi în ideea integrării lor în cercetările micromagnetice efectuate în zonă de aceiaşi autori şi prezentate, în parte, în două lucrări anterioare nepublicate [1),2)] şi în cadrul unei comunicări ştiinţifice (Rădan şi Rădan, 1978), discutăm în continuare principalele aspecte ale analizei susceptibilităţii magnetice şi a magnetizării remanente ale unor bauxite din masivul Pădurea Craiului.

PARAMETRI MAGNETICI DETERMINAŢI

Au fost măsurate susceptibilitatea magnetică (χ) şi magnetizarea remanentă (In), fiind determinat corespunzător raportul Kőenigsberger ($Q = In/Ii$).

Măsurarea magnetizării s-a executat pe eşantioane cubice obţinute din probe de bauxită colectate din mai multe lentile din regiunea considerată. Pentru susceptibilitatea magnetică s-au utilizat un magnetometru astatic MA—21 (de construcţie sovietică) şi o punte de susceptibilităţi Kappabridge KLY—1 (de construcţie cehoslovacă), iar pentru magnetizarea remanentă, acelaşi magnetometru astatic şi un spinner-magnetometru JR—4 (de construcţie cehoslovacă).

Valorile parametrilor menţionaţi, obţinute pentru eşantioane reprezentînd probe de bauxite din cîteva lentile din masivul Pădurea Craiului, au indicat caracterul variabil al proprietăţilor magnetice ale lor, raportul Kőenigsberger fiind pentru 96% din cazuri supraunitar. Se desprinde astfel o primă caracteristică cu privire la componentele magnetizării bauxitelor, şi anume predominanţa magnetizării remanente asupra celei induse. Histogramele date în figura 1 pentru magnetizare remanentă (In), susceptibilitate magnetică (χ) şi raport Kőenigsberger (Q) vin să sublinieze aprecierile făcute; frecvenţa cea mai mare pentru χ şi In o au valorile ce ating 100×10^{-6} u.e.m. CGS, respectiv 250×10^{-6} u.e.m. CGS, iar pentru Q, valorile cuprinse în intervalul 7—8.

ANALIZA INTENSITĂŢII REMANENŢEI ŞI A SUSCEPTIBILITĂŢII MAGNETICE

Cîteva procedee de analiză a parametrilor magnetici au fost aplicate, cărora le vom acorda în cele ce urmează o atenţie separată.

Stocul de date utilizat este constituit din valori ale magnetizării remanente şi susceptibilităţii magnetice pentru probe de bauxită din două lentile (266 şi 40/62) din Munţii Pădurea Craiului (zona Zece Hotare).

Cercetările paleomagnetice au solicitat îndeosebi atenţia asupra analizei direcţiei magnetizării şi relativ mai puţin asupra intensităţii

---

[1)] S. Rădan, Maria Rădan, *Magnetizarea unor bauxite din Munţii Pădurea Craiului*, în D. Romanescu et al., 1977, Arh. IGG, Bucureşti.

[2)] S. Rădan, Maria Rădan, *Rezultate obţinute în cercetarea unor roci şi minereuri din Munţii Apuseni. Masivul Pădurea Craiului*, în D. Romanescu et al., 1979, Arh. IGG, Bucureşti.

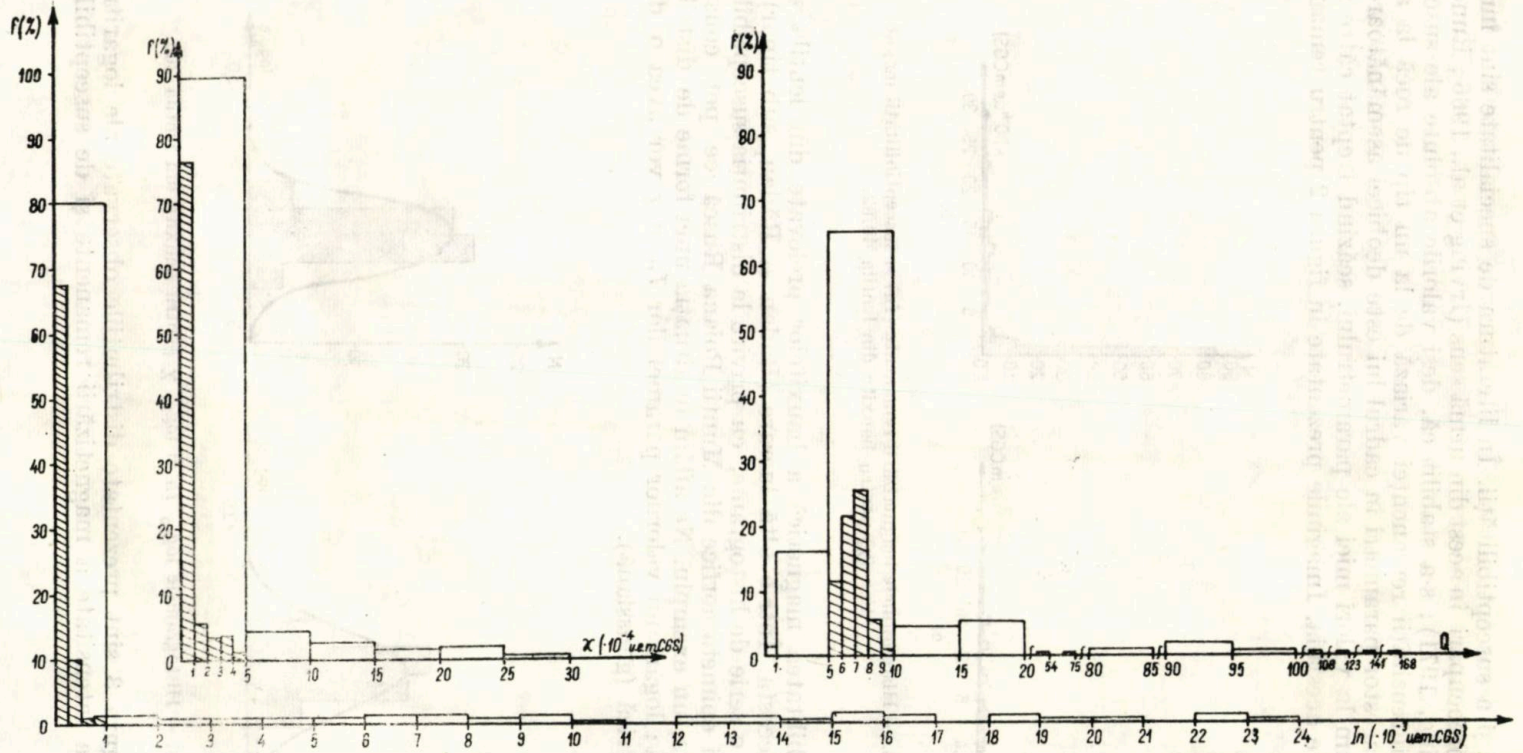


Fig. 1 — Histogramele magnetizării remanente (*In*), susceptibilității magnetice (χ) și raportul Kœnigsberger (*Q*) pentru bauxite din Munții Pădurea Craiului.

remanenței și a susceptibilității. În literatura de specialitate sînt înregistrate însă preocupări în acest din urmă sens (Irving et al., 1966; Runcorn, 1967; Tarling, 1971); s-a stabilit că, deși valorile absolute ale susceptibilității și intensității remanenței variază de la un tip de rocă la altul, distribuția acestor parametri în cadrul lui este deobicei asemănătoare, cu un maximum la valori mici ale parametrului, scăzînd treptat către valorile mari ale acestuia. Imaginile prezentate în figura 2 pentru remanența

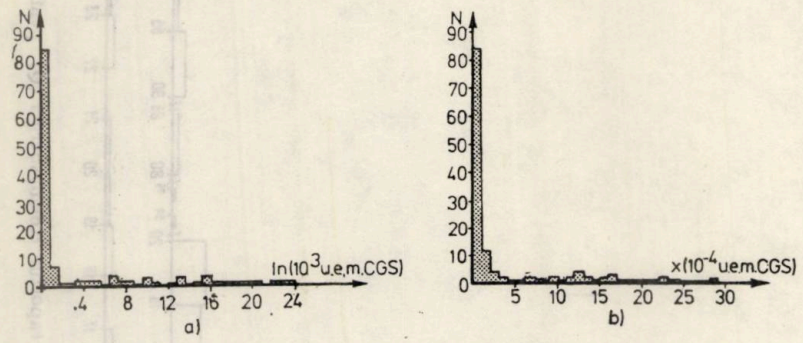


Fig. 2. — Histogramele magnetizării remanente (*In*) și susceptibilității magnetice (χ) pentru bauxite din lentila 40/62.

și susceptibilitatea magnetică a bauxitelor prelevate din lentila 40/62 confirmă aceasta. Într-o altă lucrare (Rădan și Rădan, sub tipar) sînt prezentate o serie de histograme, cu privire la distribuția susceptibilității unor șisturi epimetamorfice din Munții Poiana Ruscă ce pot constitui, de asemenea, un exemplu. Ne aflăm în situația unei forme de distribuție log-normală; logaritmii valorilor parametrilor *In* și χ vor avea o distribuție simetrică (gaussiană).

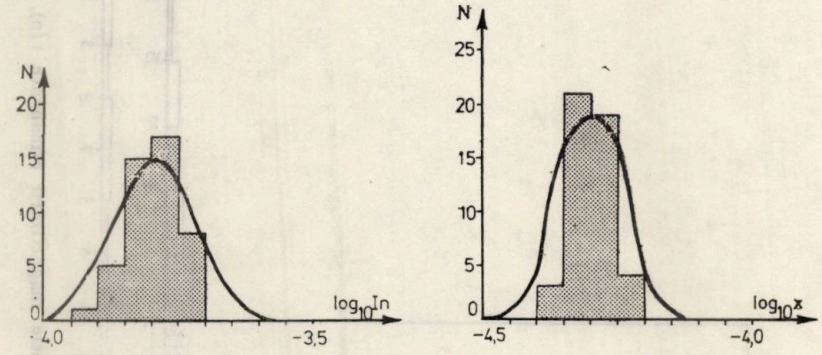


Fig. 3. — Histogramele $\log_{10}$ *In* și $\log_{10}$ χ pentru bauxite din lentila 266.

În figura 3 sînt prezentate distribuțiile observate ale logaritmilor valorilor de intensitate a magnetizării remanente și de susceptibilitate

magnetică pentru bauxite din lentila 266. Se remarcă bunul acord al distribuțiilor observate și teoretice.

Același tip de analiză pentru aceiași parametri magnetici a fost aplicat și în cazul lentilei 40/62 (fig. 4 și 5), punctul de plecare fiind distribuțiile valorilor măsurate (fig. 2). De la o primă examinare a figurii 2 se putea observa o oarecare abatere de la regula menționată inițial. Distribuția din figura 4a a fost obținută pe baza tuturor valorilor de intensi-

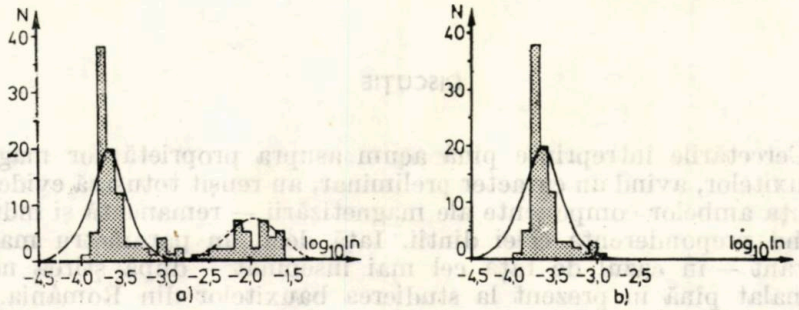


Fig. 4. — Histogramele $\log_{10} In$ pentru bauxite din lentila 40/62.

tate a magnetizării remanente măsurate pe eșantioanele de bauxită prelevate din lentila 40/62 și redate sintetic în histograma din figura 2 a. Curbele log-normale figurate sugerează separarea a încă unui tip de bauxită. Eliminînd din analiză valorile obținute pentru remanența a trei probe (40 eșantioane cu In atîngînd uneori 23250×10^{-6} u.e.m. CGS) am ajuns la imaginea din figura 4b, cu o distribuție simetrică a logaritmilor intensității magnetizării remanente.

Aceeași remarcă se poate face pentru analiza susceptibilității magnetice a bauxitelor din lentila 40/62 (fig. 5), ale căror valori măsurate sînt

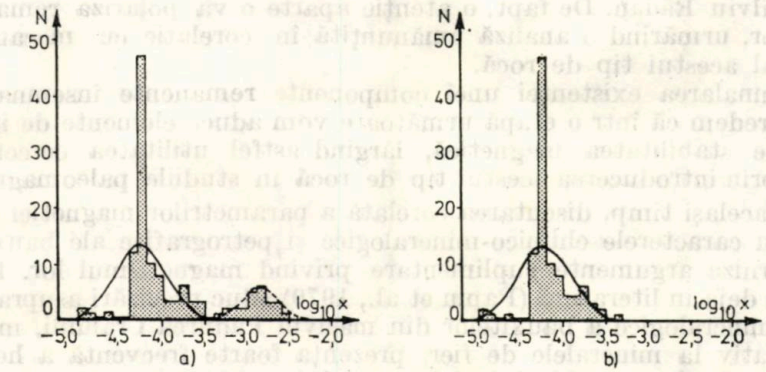


Fig. 5. — Histogramele $\log_{10} \chi$ pentru bauxite din lentila 40/62.

sintetizate în histograma dată anterior (fig. 2b). Figura 5 prezintă situația în cazul acestui parametru, înainte (a) și după (b) eliminarea probelor de bauxită cu valori mari (ajungînd pînă la 2860×10^{-6} u.e.m. CGS).

Desigur, o analiză amănunțită a caracteristicilor granulometrice, chimice, mineralogice ale bauxitelor considerate poate sprijini stabilirea elementului care a diferențiat probele respective. Așa cum subliniază Tarling (1971), distribuția log-normală sugerează că influența principală asupra susceptibilității și intensității remanenței, în cadrul fiecărui tip de rocă, este distribuția mărimii granulelor, acestea fiind distribuite log-normal. Obișnuit, ambele distribuții ($\log_{10} \chi$, $\log_{10} In$) sînt mai strîns grupate în jurul mediei decît distribuția teoretică.

DISCUȚIE

Cercetările întreprinse pînă acum asupra proprietăților magnetice ale bauxitelor, avînd un caracter preliminar, au reușit totuși să evidențieze existența ambelor componente ale magnetizării — remanentă și indusă — stabilind preponderența celei dintîi. Iată deci, un parametru magnetic important — în cazul de față cel mai însemnat — după știrea noastră nesemnalat pînă în prezent la studierea bauxitelor din România. Fără îndoială, existența ambelor tipuri de magnetizare impune reconsiderarea contrastului de proprietăți magnetice dintre formațiunea perturbantă (bauxitele) și rocile înconjurătoare (calcare); argila roșie rămîne însă, în continuare, un „zgomot" ce influențează mult acuratețea semnalului util dorit, complicînd interpretarea rezultatelor cercetărilor micromagnetice aplicate pentru identificarea acumulărilor de bauxită.

Deosebit de important însă, în evaluarea contrastului de proprietăți magnetice, este stabilirea naturii remanenței, a direcției vectorului magnetizare remanentă. Această problemă urmează să capete răspuns în faza imediat următoare a cercetărilor noastre, în prezent fiind realizată deja o colecție de probe de bauxite orientate, prelevate din diferite deschideri din Munții Pădurea Craiului, în colaborare cu prof. C. V. Papiu. și ing. geolog Silviu Rădan. De fapt, o atenție aparte o va polariza remanența bauxitelor, urmărind o analiză amănunțită în corelație cu mecanismul genetic al acestui tip de rocă.

Semnalarea existenței unei componente remanente însemnate ne face să credem că într-o etapă următoare vom aduce elemente de interes legate de stabilitatea magnetică, lărgind astfel utilitatea cercetărilor noastre prin introducerea acestui tip de rocă în studiile paleomagnetice.

În același timp, discutarea corelată a parametrilor magnetici determinați cu caracterele chimico-mineralogice și petrografice ale bauxitelor poate furniza argumente suplimentare privind magnetismul lor. Datele existente deja în literatură (Papiu et al., 1970) aduc precizări asupra compoziției mineralogice a bauxitelor din masivul Pădurea Craiului, menționînd, relativ la mineralele de fier, prezența foarte frecventă a hematitului, frecventă a goethitului și limonitului, sporadică a magnetitului; apar, de asemenea și minerale de fier și titan, cum este ilmenitul (rar). Pe de altă parte, în bauxitele primare ferice (Papiu et al., 1970) valoarea raportului Fe_2O_3/FeO depășește cu mult 20, în timp ce în bauxitele feroferice această valoare se situează între 4 și 7, în cazul celor feroase, între 0,76 și 3,9, iar în cele negre 1,5. Totodată, unele bauxite din masivul

Pădurea Craiului au suferit un proces de deferizare. Datele mineralogice și geochimice existente în literatură pentru bauxitele din Munții Pădurea Craiului vin să explice variația mare a magnetizării bauxitelor investigate pînă în prezent.

Cele cîteva probe de bauxite din regiunea în discuție pentru care s-au înregistrat spectre Mőssbauer[3] confirmă faptul că principalul purtător („carrier") al magnetizării este hematitul, oferind — deocamdată cu titlu experimental — elemente inedite privind structura magnetică a bauxitelor. Astfel, în figura 6 sînt prezentate spectrele Mőssbauer pentru

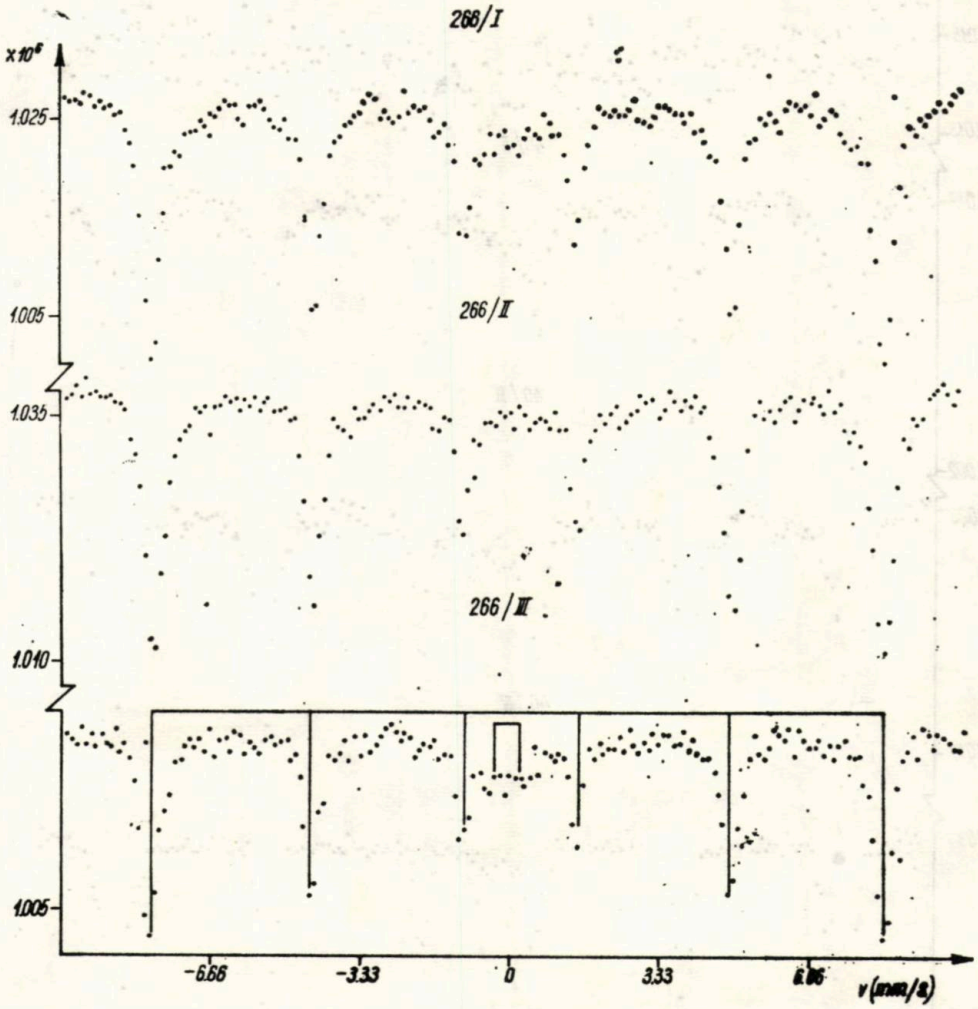


Fig. 6. — Spectre Mőssbauer pentru bauxite din lentila 266 (după Spânu et al., 1976).

[3] Viorica Spânu, G. Filoti, Jeana Ionescu, *Studiul prin efect Mőssbauer al unor minerale (probe geologice) ce conțin fier*, Arh. IFA, 1976.

trei eşantioane de bauxite din lentila 266, a căror interpretare[3] a condus la concluzia existenţei unei proporţii majoritare de hematit (99% în eşantionul 266/I, 100% în 266/II şi 90% în 266/III) şi a prezenţei unei componente paramagnetice ce conţine ioni trivalenţi de fier, cea mai mare cantitate fiind în 266/III. În ceea ce priveşte bauxitele din lentila 40/62, cele cîteva eşantioane la care a fost urmărit efectul Mőssbauer prezintă spectrele din figura 7. Eşantioanele 40/II şi 40/IV sînt caracterizate prin

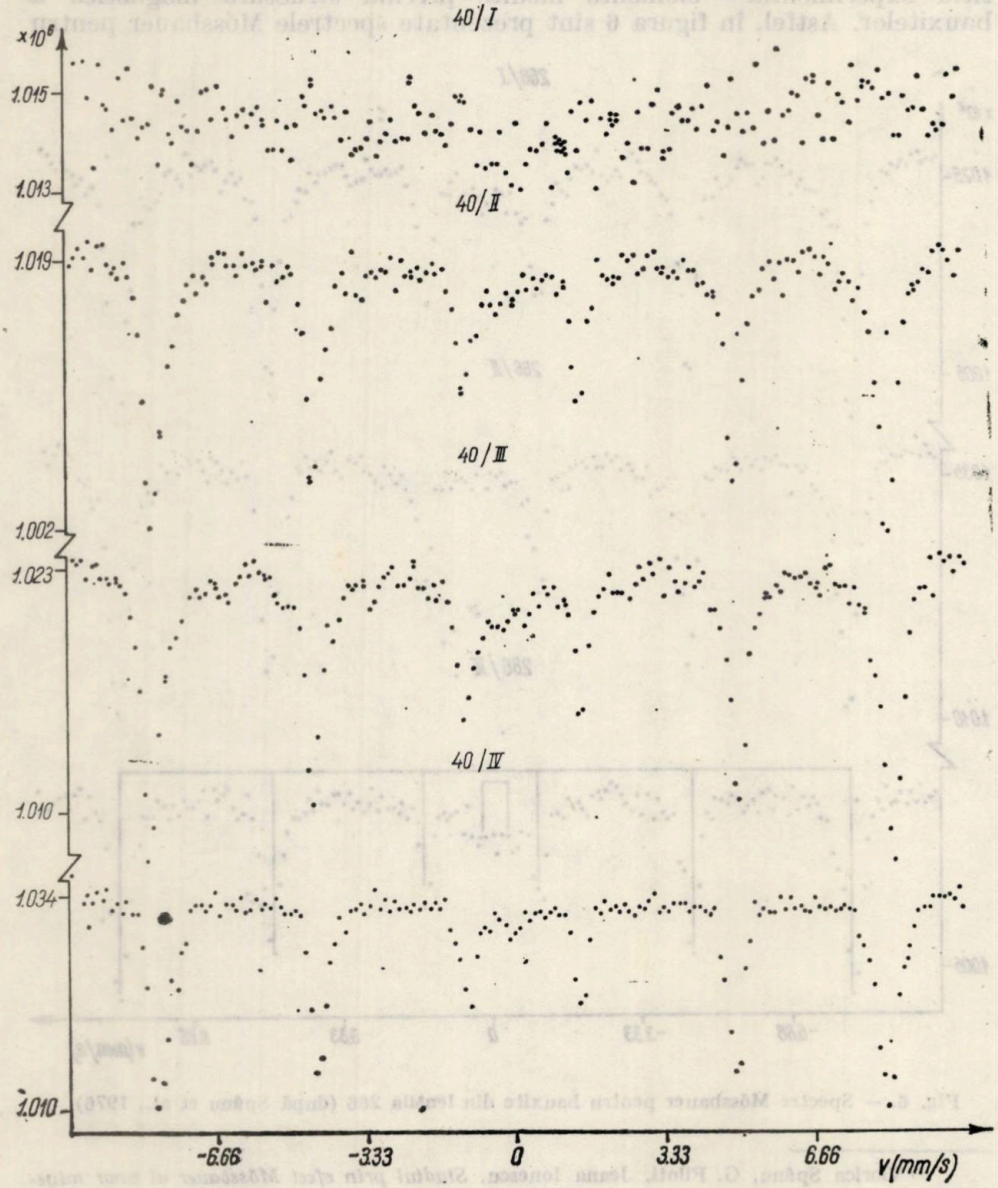


Fig. 7 — Spectre Mőssbauer pentru bauxite din lentila 40/62 (după Spânu et al., 1976).

prezența majoritară a hematitului, interpretarea[3] spectrelor Mössbauer conducînd și la semnalarea unei componente paramagnetice cu Fe^{3+}, însă în cantitate foarte mică (~0,5% în eșantionul 40/II și ~0,3% în 40/IV). În cazul eșantionului 40/III, în afara hematitului existent în proporție majoritară și a componentei paramagnetice (~0,5%), spectrul Mössbauer obținut (fig. 7) a sesizat și prezența magnetitului (~2%). Aceste rezultate vin în concordanță cu existența unor valori mai mari ale parametrilor magnetici măsurați de noi pentru bauxitele din lentila 40/62 în comparație cu magnetizarea remanentă și susceptibilitatea magnetică determinate pentru probe din lentia 266, susținînd totodată caracterul variabil al proprietăților magnetice ale bauxitelor cercetate.

CONCLUZII

Toate aspectele menționate mai sus în legătură cu caracteristicile genetice, geochimice, mineralogice, petrografice, procese de deferizare complexate cu variația magnetizării remanente și a susceptibilității pot conduce printr-un studiu sistematic la atribuirea unor multiple calități parametrilor magnetici considerați. Aceștia ar putea fi astfel utilizați ca indici mineralogici, petrografici, genetici, paleomagnetici în cadrul complex al studierii bauxitelor din Munții Pădurea Craiului, și, prin analogie de aplicare a metodologiei, și în alte zone cu acumulări de bauxită din țara noastră.

Cercetările întreprinse pînă în prezent asupra magnetizării bauxitei — dealtfel de mică întindere în timp — au reușit să semnaleze un element important privind „structura" ei, punînd în evidență ambele componente, remanentă și indusă.

Atît magnetizarea remanentă, cît și susceptibilitatea magnetică a bauxitelor din Munții Pădurea Craiului variază în limite uneori largi, pe de o parte în cadrul unei lentile, pe de altă parte, în ansamblul regiunii investigate pînă în prezent. Distribuția valorilor este log-normală.

Parametrul Kœnigsberger determinat indică pentru 96% din probele studiate preponderența magnetizării remanente față de cea indusă. Acest element poate constitui un argument în favoarea reconsiderării contrastului de proprietăți magnetice.

Parametrii magnetici determinați, în varianta existenței celor două componente ale magnetizării în bauxite, pot susține perspective încurajatoare privind investigarea acumulărilor de bauxite prin metoda magnetometrică și aceasta, în contextul folosirii magnetometrelor protonice sau cu pompaj optic de sensibilitate ridicată și a unor procedee de analiză spectrală a datelor observate, menite — prin filtrele aplicate — să mărească semnalul util în dauna zgomotului. Cîteva rezultate de interes au fost deja obținute[2] cu magnetometre protonice Geometrics G—826 de precizie 0,25 γ.

Existența unor bauxite cu proprietăți magnetice ridicate, magnetizarea remanentă fiind preponderentă, deschide și o altă perspectivă — studierea stabilității magnetice în vederea utilizării acestui tip de rocă în cercetările paleomagnetice.

Iată deci, suficiente elemente pentru conturarea semnificației pe care o are investigarea magnetizării bauxitelor din Munții Pădurea Craiului și tot atîtea argumente pentru justificarea continuării cercetării petromagnetice începute.

Primit la redacție
la 30 martie 1979

BIBLIOGRAFIE

AIRINEI, ST., VELCESCU G., *Lucrări experimentale gravimetrice-magnetometrice pentru prospectarea bauxitei din Pădurea Craiului (sectoarele Cornetu și Zece Hotare)*. St. tehn. econ., seria D, 7, 119—143, București (1970).

IRVING E., MOLYNEUX L., RUNCORN S. K., *The analysis of remanent intensities and susceptibilities of rocks*. Geophys. J.R. astr. Soc., *10*, 451—464 (1966).

PAPIU C. V., MÎNZATU S., IOSOF V., GIUȘCĂ. D., JACOTĂ GR., *Contribuții la cunoașterea alcătuirii mineralogice și genezei lehmului bauxitifer din masivul Pădurea Craiului (Munții Apuseni)*, An. Com. Stat Geol., XXXVIII, 111—179, București (1970).

RĂDAN S., RĂDAN M., *Noi contribuții la cercetarea magnetometrică a bauxitelor din Munții Pădurea Craiului*. Comunic. șt., Simpozionul național de geofizică aplicată și fizica Pămîntului, 28—30 noiembrie, București (1978).

RĂDAN S., RĂDAN M., *Variante metodologice petromagnetice cu aplicație la studiul susceptibilității magnetice a unor șisturi epimetamorfice din Munții Poiana Ruscă* (manuscris).

RUNCORN S. K., *Statistical discussion of magnetization of rock samples*, in *Methods in Paleomagnetism* (Editors : S. W. Collinson, K. M. Creer, S. K. Runcorn). Elsevier, Amsterdam — London — New York, 329—339, 1967.

TARLING D. H., *Principles and Applications of Palaeomagnetism*, Chapman and Hall, London, 1971.

ON THE MAGNETIC PROPERTIES OF BAUXITES FROM THE PADUREA CRAIULUI MOUNTAINS

(ABSTRACT)

In this paper some considerations regarding the magnetization of bauxites from the Pădurea Craiului Mountains (Western Carpathians, Romania) are pointed out.

More than 200 bauxite specimens were measured (remanent magnetization and magnetic susceptibility) and the conclusion of large magnetic properties variation was established. In addition, there was found a predominance of the remanence (the Kœnigsberger ratio exceeds 1 for 96% of samples). This fact is important for the reconsideration of the magnetic properties contrast in view of studying the possibilities of magnetic prospecting of the bauxite deposits.

Besides, the paper deals with some methodological aspects of analysis of the remanent intensities and susceptibilities. Some results concerning the Mössbauer spectra of bauxites are also presented. Finally, the idea of using this type of rocks in palaeomagnetic studies is suggested.

ASUPRA POSIBILITĂȚILOR PROSPECȚIUNILOR SEISMICE ÎN FORMAȚIUNI CRISTALINE [1]

DE

PAICU D.[2], CONSTANTINESCU P., SPÂNOCHE S., STANCHEVICI B., CRISTEA P.[3]

Aplicarea seismometriei la rezolvarea unor probleme geologice legate de acumulările de minereuri din seriile cristaline este relativ recentă și are încă, în majoritatea cazurilor, un caracter experimental. Aceasta se explică prin faptul că metoda seismică întîmpină dificultăți majore legate de prezența unor condiții seismogeologice nefavorabile : contraste mici de viteză, forme în general neregulate și dimensiuni relativ reduse ale corpurilor prospectate, tectonică complicată, neomogenități pronunțate în zona superficială și relief accidentat. La cele de mai sus se adaugă dificultăți de ordin practic cu privire la posibilitățile de amplasare în teren a dispozitivelor seismice și a accesului aparaturii de înregistrare, datorită împăduririlor și lipsei drumurilor.

După cum reiese din lucrarea de sinteză a lui Volin (1967), în URSS, RFG, SUA, Italia și în alte țări au existat preocupări privind aplicarea seismometriei în formațiuni cristaline.

Dintre problemele abordate pot fi citate cîteva care oferă o imagine asupra stadiului actual al cercetărilor în acest domeniu.

Una dintre acestea se referă la cercetarea mediilor ce conțin limite cu contrast redus de viteză și cu geometrie complicată. Se arată că în aceste condiții, de regulă, nu apar unde refractate (Kefeli, 1965). Au fost înregistrate însă unde reflectate care, deși puternic interferate, au permis evidențierea unor elemente structurale.

Un alt caz studiat a fost cel al mediului cu roci slab dislocate, în care schimbările de viteză cu adîncimea sînt determinate în primul rînd de presiunea litologică și de vîrstă. Ca urmare acest mediu prezintă gradient vertical de viteză, iar hodografii undelor înregistrate sînt ușor curbilinii. Pe baza acestora pot fi obținute informații cu privire la extinderea formațiunilor în adîncime (Giesel, 1967). Există însă și cazul în care mediul cu gradient de viteză are constituție și structură complicate, izoliniile de viteză prezentînd forme bizare, datorită intruziunilor și tectonizării intense. Hodografii undelor continuu refractate au în acest caz o formă neregulată, iar în sosiri ulterioare pot fi corelate axe scurte de sinfază ale unor unde reflectate și difractate. Separarea intruziunilor, de obicei purtătoare

---

[1] Lucrare prezentată la cel de-al IX-lea Simpozion de prospecțiuni geofizice și fizica scoarței Globului, 1—4 noiembrie 1976, București.

[2] Întreprinderea metale rare, București.

[3] Institutul de geologie și geofizică, București.

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 2, P. 213—222, BUCUREȘTI, 1979

de minereuri, se realizează după distribuția în secțiune a zonelor de difracție (Obloghina et al., 1962).

O altă categorie de probleme este reprezentată de urmărirea în adîncime a zonelor tectonizate cu ajutorul undelor reflectate și difractate; uneori au fost identificate unde cu viteză aparentă negativă (Gordienko et al., 1970).

Prezența în secțiune a unor corpuri cu parametri elastici net diferiți conduce la formarea undelor reflectate de intensitate mare. În cazuri izolate apar și unde refractate, difractate și de alte tipuri, care permit localizarea corpului de minereu. Cel mai cunoscut exemplu este cazul detectării unui important filon lenticular de pirită cuprins în formațiuni precambriene din Arizona (Elliot, 1967).

În R. S. România s-au întreprins cîteva încercări de rezolvare a unor probleme cu caracter structural legate de seriile cristaline și de urmărire a unor corpuri de minereu cantonate în astfel de serii. În condițiile penuriei de informații din acest domeniu, experiența dobîndită, deși relativ restrînsă, prezintă un interes deloc neglijabil în legătură cu conturarea posibilităților de cercetare a formațiunilor cristaline prin metode seismice.

Considerînd importanța teoretică și practică a aplicării seismometriei la rezolvarea unor probleme geologice în formațiuni cristaline, autorii au apreciat că prezentarea critică a lucrărilor efectuate în țara noastră și formularea cîtorva concluzii este utilă prospectorilor care vor aborda probleme din acest domeniu.

1. CERCETĂRI ÎN MASIVUL BIHORULUI

Primele lucrări seismice pe arii de dezvoltare a formațiunilor cristalofiliene din țara noastră au fost efectuate într-o zonă din Munții Apuseni (Paicu și Patrichi, 1959) și au avut ca scop stabilirea continuității unui masiv granodioritic cunoscut la suprafață și interceptat la adîncimea de 800 m de un foraj situat la 6 km distanță de zona aflorimentului.

Prin metoda corelării undelor refractate s-au pus în evidență suprafața corpului granodioritic și trei limite în masa șisturilor de epizonă. Undele seismice corespunzătoare acestor orizonturi seismice au în ambele sensuri de împușcare viteze aparente asemănătoare, evidențiind înclinări reduse ale limitelor, comparativ cu panta mult mai mare, în jur de 30°, a suprafeței granodioritului (fig. 1).

Analizînd profilele geologice întocmite prin interpolarea datelor de foraj, se constată că în extremitatea de SV a profilului I (fig. 1 a), la cca 600 m adîncime, se trece din șisturi clorito-sericitoase, friabile și fisurate (seria de Biharia), în conglomerate, gresii și tufuri argiloase, metamorfozate și foarte compacte (seria de Arieșeni); la 1200 m, din filite foioase în conglomerate, gresii, argilite și tufuri, de asemenea metamorfozate și foarte compacte și la 1700 m, din gresii fine cu compactizare redusă, în granodiorit. Pe profilul II (fig. 1 b), în extremitatea de NV, adîncimea granodioritului este verificată prin datele unui foraj.

Ţinînd seama de erorile inerente la întocmirea profilelor geologice prin interpolări între foraje şi la determinarea poziţiei limitelor de refracţie, se poate accepta că orizonturile de refracţie au corespondentul geologic care reiese din cele arătate mai sus.

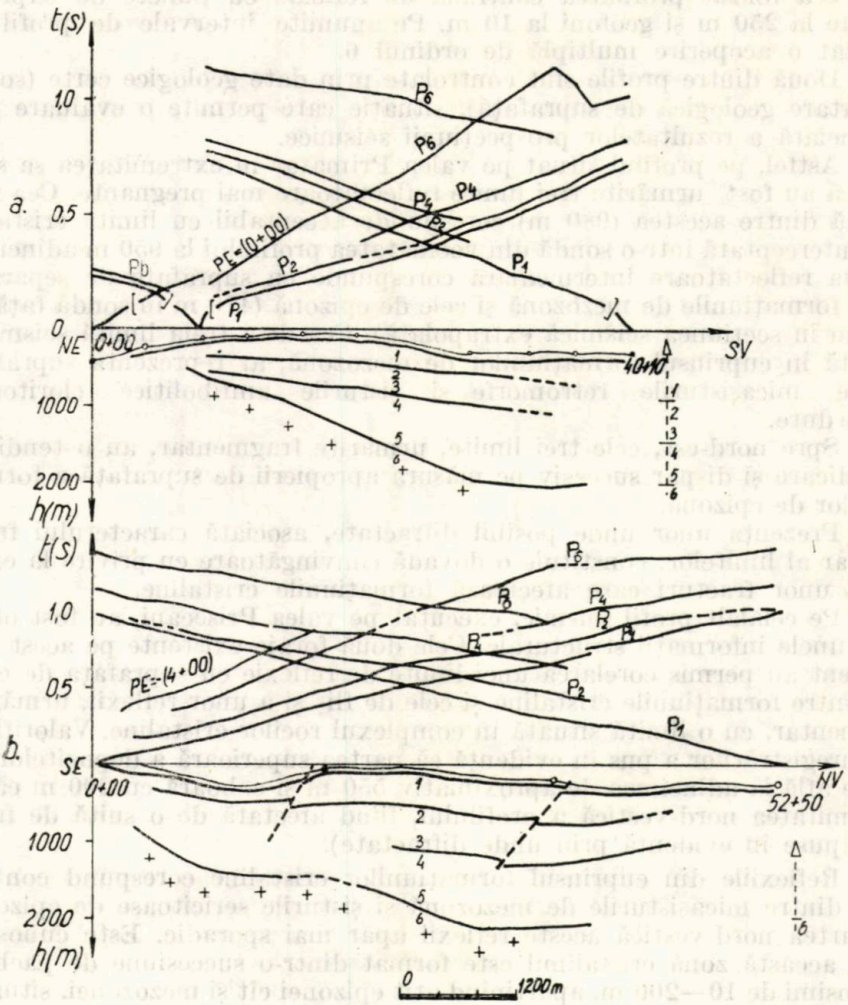


Fig. 1 — Profile seismice în Masivul Bihorului
1 — şisturi clorito-sericitoase; 2 — conglomerate şi gresii; 3 — filite; 4 — conglomerate, gresii şi argilite; 5 — gresii; 6 — granodiorit.

Se desprinde de aici concluzia că, prin aplicarea seismicii de refracţie, se pot urmări limite litologice în cuprinsul formaţiunilor cristaline. De asemenea este de reţinut faptul că a fost posibilă punerea în evidenţă a două fracturi majore care afectează întreaga stivă de roci cristaline.

2. CERCETĂRI ÎN BAZINUL VĂII BISTRICIOARA

În bazinul văii Bistricioara au fost executate lucrări seismice în scopul evidenţierii contactului dintre formaţiunile cristaline, în pînză, şi flişul subjacent (Stanchevici et al., 1973).

S-a folosit profilarea continuă de reflexie cu puncte de explozie situate la 250 m şi geofoni la 10 m. Pe anumite intervale de profil s-a realizat o acoperire multiplă de ordinul 6.

Două dintre profile sînt controlate prin date geologice certe (sonde şi cartare geologică de suprafaţă), situaţie care permite o evaluare mai întemeiată a rezultatelor prospecţiunii seismice.

Astfel, pe profilul situat pe valea Primatar în extremitatea sa sud-vestică au fost urmărite trei limite reflectatoare mai pregnante. Cea mai adîncă dintre acestea (980 m) corespunde acceptabil cu limita cristalin-fliş, interceptată într-o sondă din vecinătatea profilului la 950 m adîncime. Limita reflectatoare intermediară corespunde cu suprafaţa de separaţie între formaţiunile de mezozonă şi cele de epizonă (470 m în sondă faţă de 530 m în secţiunea seismică extrapolată). Cea de-a treia limită seismică, situată în cuprinsul formaţiunilor de mezozonă, ar reprezenta suprafaţa dintre micaşisturile retromorfe şi şisturile amfibolitice cloritoase, foarte dure.

Spre nord-est, cele trei limite, urmărite fragmentar, au o tendinţă de ridicare şi dispar succesiv pe măsura apropierii de suprafaţă a formaţiunilor de epizonă.

Prezenţa unor unde posibil difractate, asociată caracterului fragmentar al limitelor, constituie o dovadă convingătoare cu privire la existenţa unor fracturi care afectează formaţiunile cristaline.

Pe celălalt profil seismic, executat pe valea Prisecani, au fost obţinute unele informaţii structurale. Cele două foraje existente pe acest aliniament au permis corelarea unei limite de reflexie cu suprafaţa de contact între formaţiunile cristaline şi cele de fliş şi a unor reflexii, urmărite fragmentar, cu o limită situată în complexul rocilor cristaline. Valorificarea înregistrărilor a pus în evidenţă că partea superioară a depozitelor de fliş se află la adîncimea de aproximativ 550 m şi coboară cu 200 m către extremitatea nord-vestică a profilului, fiind afectată de o suită de fracturi (puse în evidenţă prin unde difractate).

Reflexiile din cuprinsul formaţiunilor cristaline corespund contactului dintre micaşisturile de mezozonă şi şisturile sericitoase de epizonă. În partea nord-vestică aceste reflexii apar mai sporadic. Este cunoscut că în această zonă cristalinul este format dintr-o succesiune de pachete cu grosimi de 10—200 m, aparţinînd atît epizonei cît şi mezozonei, situaţie nefavorabilă urmăririi lor prin metoda reflexiei în raport cu posibilităţile aparaturii utilizate.

Analiza înregistrărilor obţinute arată că în general urmărirea undelor şi corelarea lor cu datele de foraj poate fi privită cu rezervă. Nu poate fi pus însă la îndoială faptul că în cuprinsul formaţiunilor cristaline există suprafeţe care reflectă energia seismică. Urmărirea fragmentară a reflexiilor exprimă, după opinia noastră, caracterul însuşi al formaţiunilor cristaline în care nu ne putem aştepta nici la continuitatea limitelor de separaţie între diverse complexe, nici la absenţa accidentelor tectonice.

Considerațiile de mai sus conduc la concluzia că abordarea unor probleme structurale în formațiuni cristaline cu ajutorul seismicii de reflexie nu este lipsită de perspectivă. Este necesară, desigur, o dotare tehnică corespunzătoare dificultății problemei, o îmbunătățire a metodicii de teren și de prelucrare a datelor de observație și o mai largă confruntare între datele seismice și cele de sondă, în vederea stabilirii cît mai exacte a corespondentului geologic al limitelor de reflexie.

3. CERCETĂRI ÎN MASIVUL RETEZAT

O separare a diferitelor formațiuni cristaline pe baza vitezelor de propagare a undelor seismice este în general dificilă, întrucît valorile caracteristice acestor tipuri de roci sînt cuprinse în limite largi și există posibilitatea suprapunerii domeniilor de viteze respective. Dacă această suprapunere nu are loc, separarea este posibilă mai ales prin aplicarea seismicii de înaltă frecvență, metodică ce permite obținerea unor rezultate de precizie ridicată. Experimentările efectuate cu această metodă în masivul Retezat constituie argumente în acest sens.

Sectorul valea Nucșoara. În talvegul văii Nucșoara se cunosc cîteva lentile de roci talcoase, cuprinse în complexul șisturilor cristaline, care au făcut obiectul unor prospecțiuni de detaliu prin lucrări geologice.

Complexul cristalofilian prezent aici face parte din seria de Tulișa și cuprinde șisturi sericito-cloritoase, cuarțitice precum și incluziuni lenticulare și șisturi talcoase.

Cercetările seismice efectuate au urmărit stabilirea condițiilor seismogeologice din zonă și a posibilităților de evidențiere a lentilelor de roci talcoase. S-au executat măsurători atît în subteran, cît și pe aflorimente de șisturi sericito-cloritoase (Spânoche et al., 1969). Observațiile au fost efectuate pe mai multe profile longitudinale, cu geofoni la echidistanța de 2 m, în domeniul de frecvențe 105—210 Hz, asigurîndu-se o precizie satisfăcătoare în evaluarea timpilor de sosire a undelor.

Rezultatele obținute prin valorificarea undelor directe au arătat că viteza prin lentila de șisturi talcoase este 2000 m/s, în timp ce prin celelalte formațiuni cristaline valorile sînt mult mai mari, cuprinse în intervalul 3800—4400 m/s (fig. 2). Unda frontală de la limita rocă talcoasă/șist cuarțitic sericito-cloritos a furnizat rezultate asemănătoare, obținîndu-se viteze de limită mai mari de 4000 m/s. Prin urmare, chiar pentru cazul cel mai nefavorabil al asocierii erorilor de determinare a vitezelor în cele două complexe de roci (se ține seama și de ușoara anizotropie de viteze observată în cazul șisturilor talcoase—11%), există posibilitatea identificării formațiunii respective pe baza vitezei undelor seismice.

Sectorul Dîlma Mărului. În apropierea comunei Pui (jud. Hunedoara) au fost cercetate cîteva zone care aparțin din punct de vedere geologic de Cristalinul Getic. În cuprinsul formațiunilor de paragnaise de diferite tipuri, apar cîteva intercalații lentiliforme de șisturi manganifere cu silicați de mangan și fier de tipul spessartin.

Prin lucrări seismice (Spânoche et al., 1972) s-a studiat posibilitatea punerii în evidență a acestor intercalații manganifere, considerîndu-se

că viteza undelor seismice prin ele ar putea fi mai mare decît prin rocile înconjurătoare. Pentru aceasta s-au executat măsurători în subteran și la suprafață. Distanța dintre geofoni a fost de 2—5 m, iar lungimea dispozitivelor de înregistrare 50—250 m.

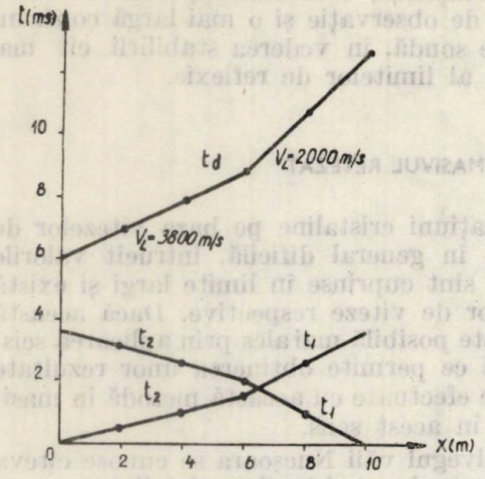


Fig. 2 — Hodograful undelor directe (sector Valea Nucșoara).
t_d — hodograf diferențial

Rezultatele obținute pe un profil de refracție executat la suprafață (fig. 3) pun în evidență valori ale parametrului V_L net diferite pentru cele două complexe de roci : hodograful diferențial al undei t_S (de la suprafața micașisturilor) indică viteza de 2600 m/s, în timp ce pentru unda corespunzătoare șisturilor cuarțitice manganifere de 4800 m/s. Măsurătorile efectuate în subteran conduc la date convergente. Ansamblul rezultatelor din acest sector arată o grupare bună în suprafață a valorilor de viteze : cele mici, cuprinse între 2400 — 2700 m/s definesc perimetre cu micașisturi, pe cînd cele din intervalul 4500 — 4800 m/s se localizează deasupra lentilei de minereu. Se menționează că prezența lentilei s-a confirmat și prin analiza caracteristicilor dinamice.

În concluzie se apreciază că prin măsurătorile seismice efectuate a fost posibilă separarea între lentile cu minereu de mangan și roca înconjurătoare.

Sectorul valea Murgușii. În șisturile cristaline din cursul superior al văii Murgușa a fost semnalată prezența unui sistem de fracturi cu mineralizații de pirită și calcopirită. Considerîndu-se că importanța economică a mineralizației justifică o continuare a cercetării geologice și cunoscînd că unele rezultate pozitive s-au obținut prin lucrări geofizice în situații asemănătoare (Schmidt, 1968), s-a experimentat metoda seismică și în acest sector, în scopul evidențierii undelor reflectate de la planele de fracturi.

Dispozitivele de înregistrare de tip seismosondaj „în cruce", cu echidistanța

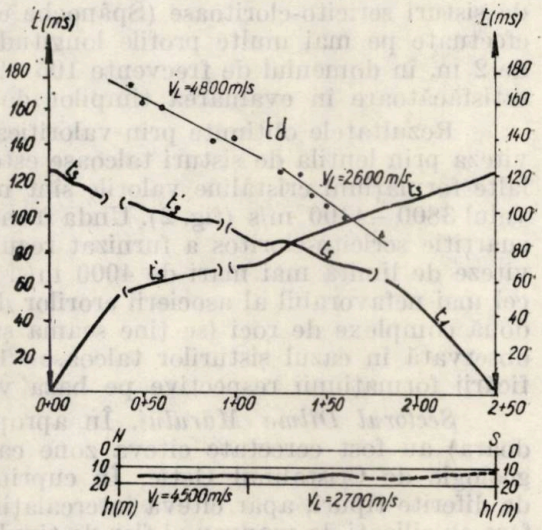


Fig. 3 — Hodograful undelor înregistrate în sectorul Dîlma Mărului.
t_d — hodograf diferențial

de 5 m între geofoni, au fost amplasate în subteran, în timp ce punctele de generare s-au ales într-o poziție favorabilă, fie la suprafață, fie la talpa unor puțuri de explorare. Distanța orizontală dintre locul generării și al recepției undelor nu a depășit 100 m, iar diferența de nivel a ajuns pînă la 80 m.

Pe seismogramele obținute s-au separat impulsuri corelabile, reprezentînd reflexii de la planele de fracturi situate în interiorul complexului cristalin. Pe înregistrări, una dintre acestea este redată în figura 4, se

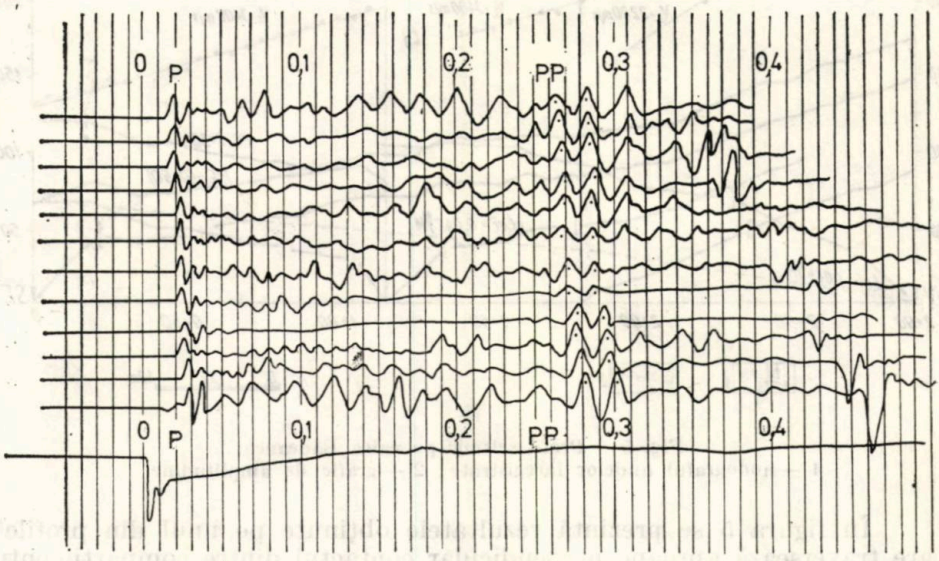


Fig. 4 — Înregistrare seismică pe valea Murgușa.

separă pe lîngă unda directă, înregistrată în prime sosiri cu viteza aparentă de 4800 m/s, și axe de sinfază ale undei reflectate *PP*. Aplicîndu-se un procedeu de interpretare adecvat (Spânoche și Cristea, 1973), a rezultat că planul reflectator înclină spre nord cu 45° și este situat sub nivelul galeriei în care s-au făcut măsurătorile.

4. CERCETĂRI ÎN MASIVUL LEAOTA

Posibilitățile prospecțiunii seismice de identificare a fracturilor din cuprinsul formațiunilor cristaline au fost testate și în sudul masivului Leaota (Cristea et al., 1976). Sectorul în care s-au desfășurat lucrările este situat pe văile Dăniș și Bădeanca, unde sînt prezente complexe de roci metamorfice de epizonă și mezozonă. În cuprinsul acestor complexe a fost stabilită, prin lucrări miniere, existența unei zone cu o grosime de cca 100 m afectată de numeroase fracturi.

Premisa aplicării metodei seismometrice pentru urmărirea acestei zone a constat în aceea că, de regulă, accidentele rupturale sînt însoțite de micșorarea vitezelor de propagare a undelor seismice și de modificări sesizabile în caracterele dinamice ale acestora.

Ca urmare, cercetările efectuate au fost axate, în principal, pe măsurători parametrice, în scopul punerii în evidenţă a relaţiei dintre distribuţia de viteză şi coeficienţii de absorbţie, pe de o parte, şi caracteristicile geotectonice ale formaţiunilor din zonă, pe de altă parte.

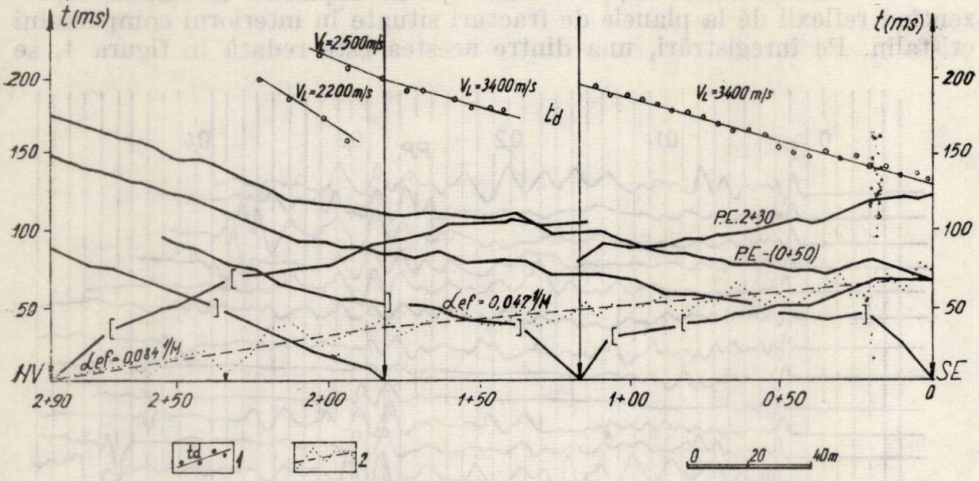


Fig. 5 — Profil seismic pe valea Bădeanca.
1 — hodograful undelor înregistrate; 2 — grafic de amplitudine.

În figura 5 se prezintă rezultatele obţinute pe unul din profilele care traversează aproape perpendicular contactul dintre compartimentul faliat şi cel nefaliat. După cum se poate remarca din examinarea hodografilor, sîntem în prezenţa unei schimbări nete de viteză în dreptul pichetului 1+70. Acest reper delimitează două compartimente în care vitezele undelor seismice diferă aproape cu 1000 m/s, corespunzînd zonelor afectată şi neafectată de falii.

Compartimentul dinamic al undelor, dedus din graficele de amplitudine, conduce la rezultate convergente cu determinările cinematice. Într-adevăr, după cum reiese şi din figura 6, între reperele 1+70 — 2+90, deci în zona afectată de falii, se obţine o valoare a coeficientului de absorbţie efectivă mai mare (α_{ef} = 0,084 1/m) decît în celălalt compartiment (α_{ef} = 0,047 1/m). Rezultatul este în deplină concordanţă cu faptul că într-o rocă fisurată absorţia undelor seismice este mai puternică.

În concluzie, se poate afirma că pe baza determinării vitezelor şi coeficienţilor de absorbţie se pot pune în evidenţă compartimente puternic faliate, cu dimensiuni de cel puţin 30 m, cuprinse în roci relativ compacte.

5. CONCLUZII

Exemplele expuse constituie elemente edificatoare în stabilirea posibilităţilor cercetării seismice privind rezolvarea unor probleme geologice legate de seriile cristaline.

Prin utilizarea undelor refractate, reflectate și a celor difractate se pot obține informații cu privire la constituția complexului cristalin și la raporturile sale cu formațiunile subjacente.

Evidențierea unor limite litologice în rocile metamorfice și stabilirea suprafeței de separație între masivul granodioritic și rocile cristaline acoperitoare în munții Bihorului, determinarea unor elemente fragmentare de limită la nivelul contactului anomal cristalin/fliș și în cuprinsul complexului metamorfic de pe valea Bistricioara, precum și separarea unor corpuri mineralizate și plane de falii în masivul Retezat sau a unei zone cu fracturi în sudul masivului Leaota sînt rezultate care recomandă amplificarea cercetărilor seismice pe domeniile cristaline.

Cele de mai sus dovedesc faptul că mediul metamorfic nu este „mut" seismic și că informațiile obținute corespund cu realitatea geologică, cunoscută prin mijloace de investigare directă.

Subliniem că înregistrările sînt caracterizate, în general, de unde utile cu amortizări deseori anomale, sinfaze relativ scurte, porțiuni de profil fără unde utile. Aceste particularități pot fi puse pe seama condițiilor seismogeologice ale complexelor acoperitoare sau existente la nivelul limitei cercetate. Un efect conjugat se poate datora însă și faptului că s-a lucrat, uneori, cu stații improprii, fără înregistrare magnetică și cu posibilități limitate de separare a undelor seismice.

În încheiere, considerăm că este oportună continuarea lucrărilor cu caracter experimental pe baza unui program lărgit prin diversificarea metodelor seismice aplicate (metoda undelor transversale și de schimb, observații seismice în sonde, profilare seismică verticală, acoperiri multiple de ordin superior) și cu ajutorul unei aparaturi moderne de înregistrare și prelucrare a datelor.

Primit la redacție
21 aprilie 1977

BIBLIOGRAFIE

Elliot L., Ch., (1967), *Some Applications of Seismic Refraction Techniques in Mining Exploration.* Seismic Refraction Prospecting, SEG, Tulsa, p. 522—537.

Giesel W. (1967), *Hammerschlagseismische Untersuchungen auf der Grube Füsseberg zur Bestimmung der elastischen Eigenschaften der Siegener Schichten.* Geologische Rundschau. **56**, *3*, p. 894—905.

Gordienko I. M., Markitanov I. F., Menșikov I. P., Posașev A. V., Politov V. T., Rîbalka V. M. (1970), *Primenenie seismorazvedki v rudnîh raionah Urala Sb.* Sostoianie i zadaci razved. gheofiz. M., Nedra, p. 250—255.

Kefeli A. S., (1965), *Izucenie skorostei seismiceskih voln v severo-zapadnoi ciasti Rudnogo Altaia.* Metodika seismorazvedki, AN SSSR, Sib. ot., p. 118—127.

Obloghina T. I., Piip V. B., Kociai C. (1962), *Primenenie seismiceskih metodov pri izucenii intruzivov,* I.A.N. SSSR, vip. 9, p. 1191—1295.

Paicu D., Patrichi C. (1961), *Rezultate seismice obținute pe formațiuni metamorfice și eruptive.* Probleme de geofizică, vol. I, p. 205—213.

Schmidt E. (1968), *Verfahren sur Auswertung reflexionsseismischer Untertagemessungen nach der Spiegelpunktmethode.* Geoph. Prosp., **16**, *2*, p. 247—268.

Spânoche S., Cristea P. (1973), *O soluție pentru interpretarea măsurătorilor seismice în subteran prin metoda reflexiei.* St. cerc. geol. geofiz. geogr., seria geofiz., **11**, *2*, p. 221—229.

Volin A., P. (1967), *Seismiceskie issledovaniia na rudnîh mestorojdeniah (obzor rabot za 1926—1964)* ; Gheol. i Gheof., AN SSSR Sib. ot., 7, p. 122—130.

SUR LES POSSIBILITÉS DE LA PROSPECTION SISMIQUE DANS DES FORMATIONS CRISTALLINES

(RÉSUMÉ)

On présente quelques exemples concernant l'application de la prospection sismique afin de résoudre certains problèmes géologiques au sujet des formations cristallines.

Par l'utilisation d'une technique d'enregistrement appropriée on a réussi parfois à mettre en évidence le contact entre les roches métamorphiques et celles du flysch sous-jacent, aussi bien que la surface entre l'épizone et la mésozone.

La détermination des vitesses des ondes sismiques nous a permis de déceler des lentilles de talc et de localiser une zone faillée d'une largeur dépassant 40 m.

Les résultats encourageants permettent à envisager l'extension de la méthode sismique sur le domaine des formations cristallines aussi.

UNELE ASPECTE ALE MODELĂRII SEISMICE TRIDIMENSIONALE *)

DE

M. BELU și M. IANĂȘ

Întreprinderea de prospecțiuni geologice și geofizice pentru hidrocarburi, Str. Coralilor nr. 20, București

I. INTRODUCERE

Accentul în explorarea seismică și tehnicile de interpretare se deplasează din ce în ce mai mult, în etapa actuală, din sistemul bidimensional în cel tridimensional.

În literatura seismologiei de explorare există un număr de lucrări care discută, analizează și simulează probleme simple asociate acestei discipline.

De exemplu : incidenta normală a impulsului pe un mediu stratificat orizontal, în esență un mediu bidimensional a fost simulat atît cu mijloace analogice cît și cu mijloace digitale, cu și fără multiple, cu și fără absorbție și prin metode multe și diferite (viteze de exemplu).

M. Taner și E. Cook, în lucrarea „Limitări ale metodei seismice de reflecție", arată că puține lucrări consideră strate înclinate sau modele TRIDIMENSIONALE.

În general, modelarea seismică tridimensională a fost limitată la cercetarea răspunsului seismic al unui reflector arbitrar în interiorul unui interval de viteză constantă.

În 1937 Rieber a utilizat modele seismice tridimensionale în studiul difracțiilor de la un model de falii.

F. J. Hilterman în 1970 în lucrarea „Modelare seismică tridimensională" evidențiază că secțiunile obținute din modele acustice tridimensionale conțin frecvent impulsuri difractate nepredictibile prin teoria clasică a razelor.

El analizează nu numai dinamica geometriei ci și caracterul impulsului.

Cîteva exemple

1. MODEL — SINCLINAL (figura 1)
2. MODEL — ANTICLINAL STRINS (figura 2)
3. MODEL — FALIE VERTICALA (figura 3)

---

*) Lucrare prezentată la cel de al X-lea simpozion de geofizică aplicată și fizică a Pămîntului. București 20—30 Nov. 1978.

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 2, P. 223—236, BUCUREȘTI, 1979

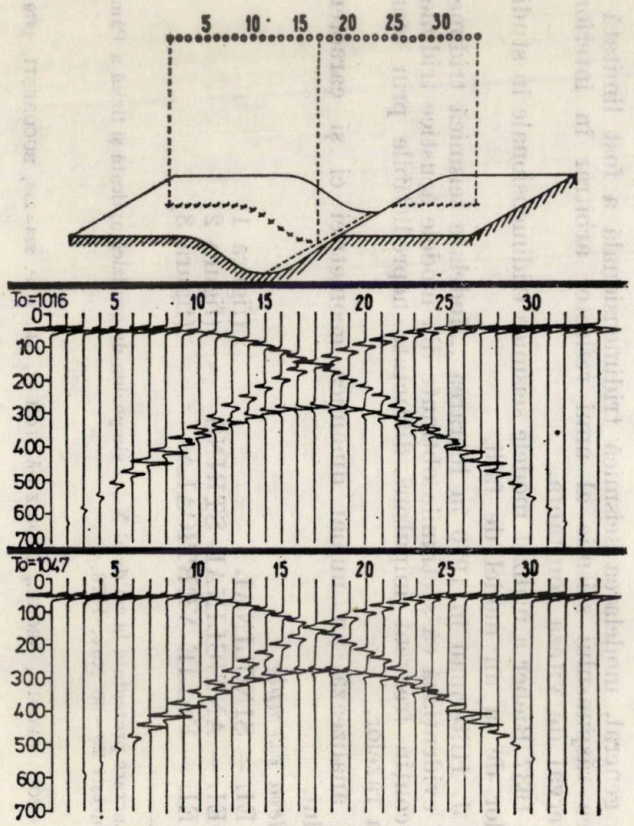


Fig. 1 — Secțiuni calculate (sus) și observate (jos) model sinclinal.

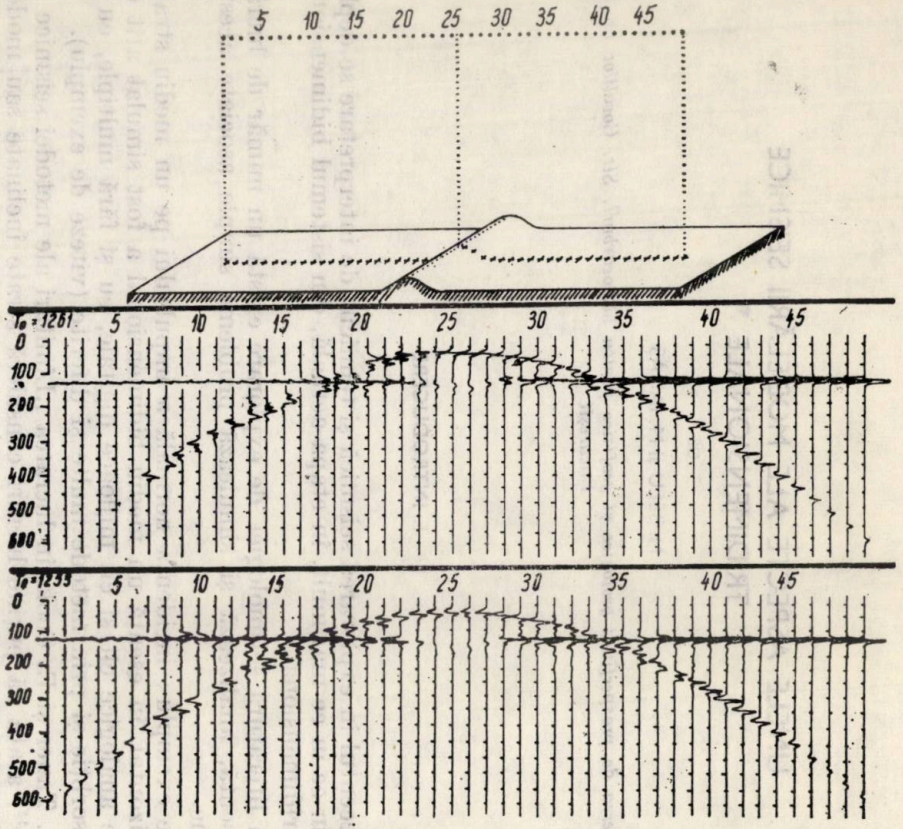


Fig. 2 — Secțiuni calculate (sus) și observate (jos) model anticlinal strîns.

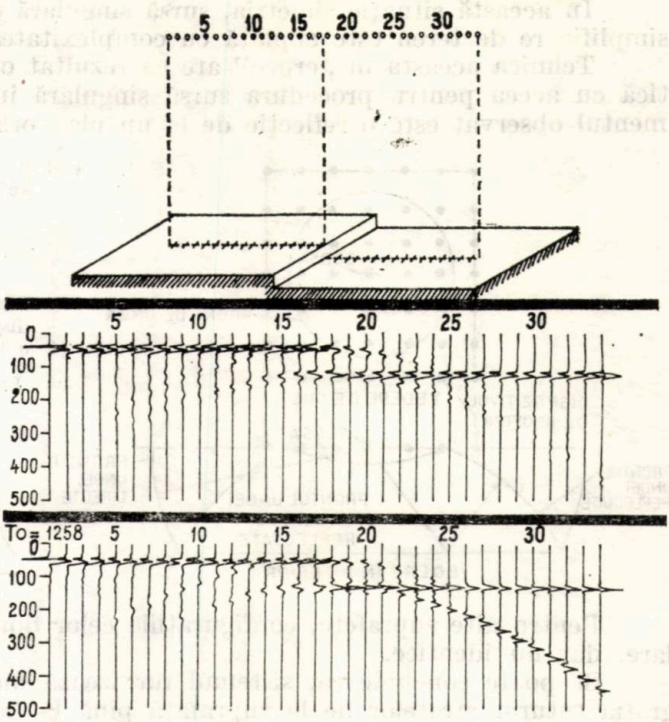


Fig. 3 — Secțiuni calculate (sus) și observate (jos) model falie dreaptă.

Walton în 1970—1971 face un studiu complet pe o coloană litologică de o milă pătrată ce se extinde pînă la reflectori adînci.

O sursă singulară este plasată în centrul unei rețele pătratice de 2304 geofoni (48 × 48), iar semnalele sînt înregistrate pe o bandă magnetică.

O unitate de observare prezintă, în formă de densitate variabilă, semnalul de la fiecare receptor pe un ecran luminos într-o poziție corespunzătoare locației din pătratul de geofoni.

Un observator care controlează ecranul vede la un timp dat semnalele care ajung la geofoni în acel timp.

După o perioadă care reprezintă timpul necesar pentru ca energia seismică să atingă reflectorul și să se întoarcă, apare un semnal în centrul ecranului (în cazul orizontului plan).

Frontul undei reflectate a atins suprafața la stația centrală. Pe măsură ce timpul crește mai multe fronturi de undă sferică intersectează suprafața, iar observatorul vede un cerc lărgindu-se din centrul ecranului către margini (figura 4).

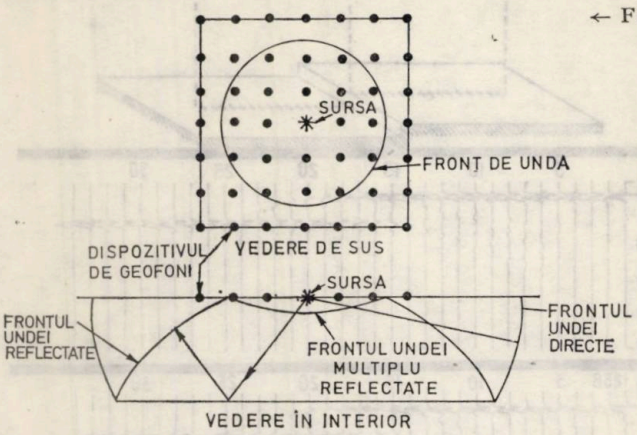
Dacă planul reflectator este înclinat, cercul de pe ecran are centrul deplasat către amonte.

Poziția centrului definește înclinarea, iar rata de expansiune — viteza în depozitele dintre suprafață și reflector.

Pentru a reduce procedurile de teren, așa ca sistemul să fie practic, sursa și pătratul de geofoni au fost înlocuite cu o linie de 48 de surse, perpendiculară pe o linie de 48 de receptori (figura 5).

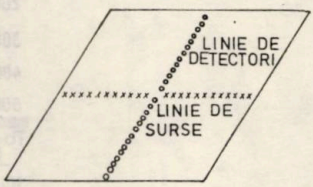
În această situație simetria, sursă singulară este pierdută. Această simplificare de teren este cuplată cu complexitatea de interpretare.

Tehnica aceasta în „cruce" are ca rezultat o figură pe ecran identică cu aceea pentru procedura sursă singulară în cazul în care evenimentul observat este o reflecție de la un plan orizontal.



← Fig. 4 — Dispozitiv de observație și drumul undelor pe un aliniament.

Fig. 5 — Simulare în cruce a dispozitivului din figura 4 cu o linie de surse și o linie de geofoni. ↓



Pentru alte suprafețe, configurațiile celor două metodici sînt similare, dar nu identice.

Se poate conchide că, sistemul furnizează mijloace de a face diagrafia tuturor stratelor de la suprafață pînă la limite adînci.

T. L. Dobecki într-un articol „lecție" introduce variabilitatea vitezelor în modelare tridimensională la cîteva cazuri particulare cu reflectori plani.

J. Dunkin și F. Levin în 1971 în lucrarea „Izocrone pentru un sistem seismic tridimensional" deduc expresii, pentru modele tridimensionale cînd energia care sosește la receptori provine de la plane, difracții de la falii sau puncte de împrăștiere, reflecții de la reflectori de formă arbitrară, reflecții sau refracții-reflectate de la plane, unde directe sau de suprafață. Deducțiile sînt limitate la geometria razelor și nu evidențiază nimic din variația amplitudinilor (caracterul impulsului).

Tehnica de modelare matematică extinde metoda bidimensională dezvoltată de Taner și Cook la geometria tridimensională.

În trei dimensiuni se modelează incidența drumului razei printr-un interval de izoviteză.

Adăugarea celei de a 3-a dimensiune aduce cu ea nenumărate complicații care afectează atît producerea de configurații de reflecții așteptate — modelare seismică — cît și transformarea unei reflecții tridimensionale (pe scurt 3—D) în interpretarea ei spațială corectă.

2. REZULTATE

În cele ce urmează vom analiza mai atent cazul unei suprafețe arbitrare, verificarea expresiilor lui Bogdanov pe un dispozitiv reprezentat în lucrarea lui Dunkin și o prezentare de izocrone pentru un model

seismic tridimensional aplicat la un cuplu anticlinal-sinclinal cu extindere cilindrică explorat pe o suprafață de 6,25 km² (2 m 5 × 2,5) cu o rețea pătratică ale cărei ochiuri sînt de 100 m, sursa fiind plasată central și marginal — longitudinal.

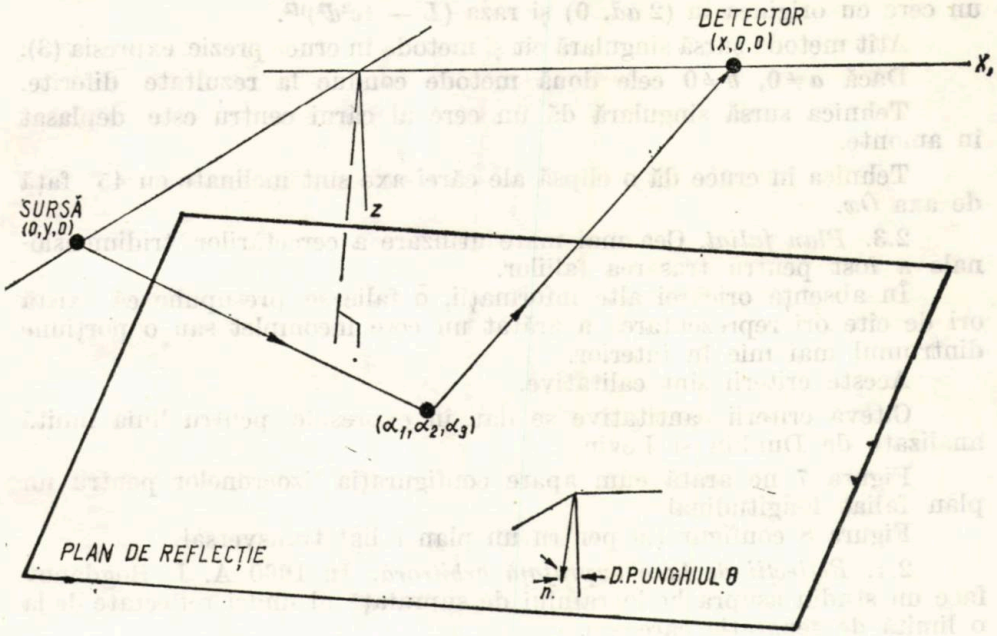


Fig. 6 — Geometria drumului undelor la reflecția pe un plan înclinat.

Înainte de abordarea problemei ne vom permite să amintim cititorilor cîteva cazuri simple.

2.1. *Reflecții de la un plan orizontal.* Pentru ușurarea calculului presupunem o viteză constantă pînă la plan și definim $L = VT$, în care T este timpul parcurs.

Pentru un reflector plan avem geometria din figura 6.

Sursa are coordonate (0, y, 0) iar detectorul are coordonate (x, 0, 0).

Pentru un reflector la adîncimea d

$$V^2T^2 = L^2 = 4d^2 + x^2 + y^2 = 4d^2 + r^2 \qquad (1)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Curbele de timp constant-izocronele-pentru L = constant sînt cercuri centrate în origine.

2.2. *Reflecții de la plan înclinat.* Definim planul prin cosinușii directori(a, b c), ai normalei și prin distanța la origine d. Atunci:

$$L^2 = 4d^2 - 4dby - 4dax + 4abxy + x^2 + y^2. \qquad (2)$$

Izocronele (L = constant) prezise de ecuația 2 nu sînt așa complicate cum par la prima vedere.

Dacă stratul are direcţie paralelă cu axa x sau y, $x = 0$ sau $y = 0$. Presupunem $b = 0$. Ecuaţia devine:

$$L^2 - 4c^2d^2 = (x - 2ad)^2 + y^2$$

un cerc cu originea în $(2\,ad,\ 0)$ şi raza $(L - 4c^2d^2)^{1/2}$.

Atît metoda sursă singulară cît şi metoda în cruce prezic expresia (3).

Dacă $a \neq 0$, $b \neq 0$ cele două metode conduc la rezultate diferite.

Tehnica sursă singulară dă un cerc al cărui centru este deplasat în amonte.

Tehnica în cruce dă o elipsă ale cărei axe sînt înclinate cu 45° faţă de axa Ox.

2.3. *Plan faliat.* Cea mai mare utilizare a cercetărilor tridimensionale a fost pentru trasarea faliilor.

În absenţa oricărei alte informaţii, o falie se presupune că există ori de cîte ori reprezentarea a arătat un cerc incomplet sau o porţiune dintr-unul mai mic în interior.

Aceste criterii sînt calitative.

Cîteva criterii cantitative se dau în expresiile pentru linia limită analizate de Dunkin şi Levin.

Figura 7 ne arată cum apare configuraţia izocronelor pentru un plan faliat longitudinal.

Figura 8 configuraţia pentru un plan faliat transversal.

2.4. *Reflecţii de la o suprafaţă arbitrară.* În 1960 A. I. Bogdanov face un studiu asupra hodografului de suprafaţă al undei reflectate de la o limită de separaţie oarecare.

Se fac următoarele presupuneri:

— suprafaţa la zi este plană;

— mediul care acoperă suprafaţa reflectatoare este omogen şi izotrop şi este caracterizat printr-o viteză V_1;

— suprafaţa R are formă arbitrară figura 9. Alegem un sistem de coordonate Oxy^2 ca în figura 9. Fixăm punctul de explozie în O, originea sistemului. Alegem o axă Ot vertical în sus în continuarea lui Oz.

Forma suprafeţei R în spaţiu e dată de ecuaţia

$$z' = f(x'y'),$$

x', $y'z'$ fiind coordonatele unui punct de pe suprafaţă.

Alegem pe suprafaţa reflectorului R un punct arbitrar S, de coordonate $x'y'z'$ şi căutăm coordonate x, y ale punctului P de la suprafaţă, în care după reflecţia din punctul S a ajuns raza seismică care pleacă din punctul O — originea.

Să determinăm în afară de acestea şi timpul t pe drumul OSP.

Valorile căpătate x, y şi t ne dau poziţia unui punct de pe hodograful de suprafaţă.

Cu ajutorul geometriei analitice şi după calcule nu prea complicate se obţin valorile dorite funcţie de coordonatele punctului $S(x',y'$ şi $z')$.

Reamintim că teoria este cea a geometriei razelor.

Astfel :

$$x = 2\frac{z' - px' - qy'}{z' - p(2x' + pz') - q(2y' + qz')}(x' + pz'),$$

$$y = 2\frac{z' - px' - qy'}{z' - p(2x' + pz') - q(2y' + qz')}(y' + qz'),$$

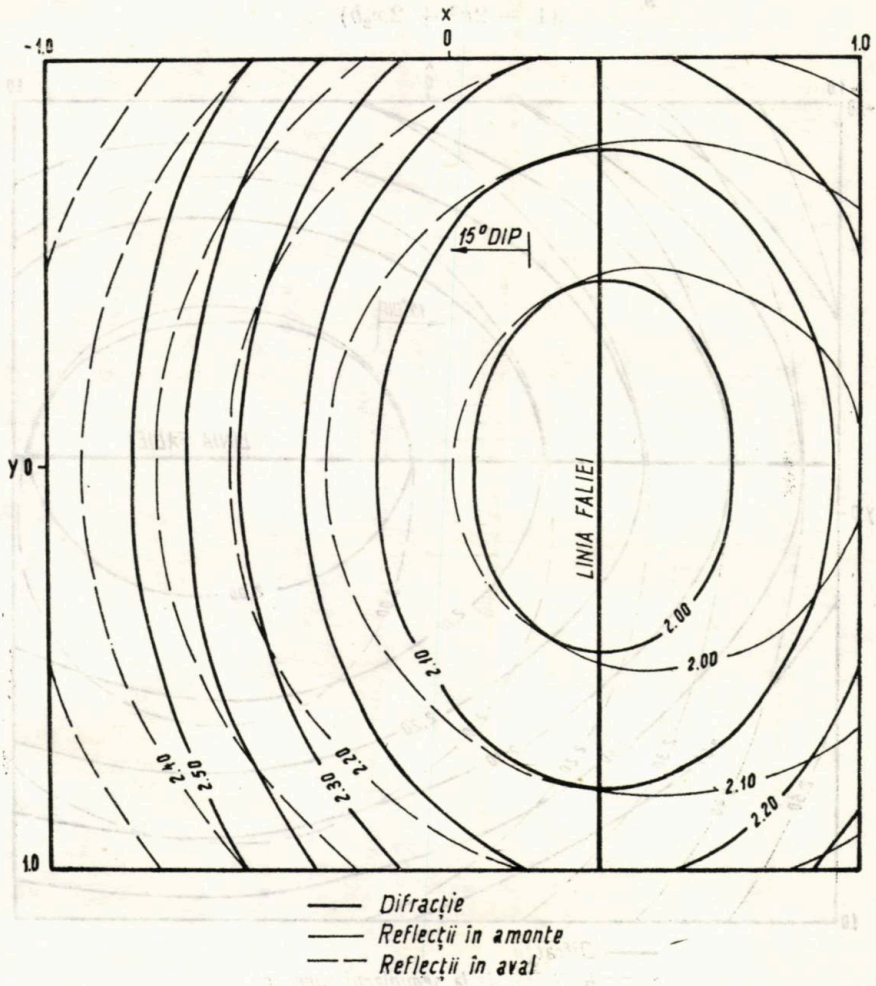


Fig. 7 — Izocrone la difracția de la o falie și reflecția de la un plan înclinat cu 15° pe direcția axei x și are o distanță unitară de origine.

$$t = \frac{2l}{V_1}\frac{z' - px' - qy'}{z' - p(2x' + pz') - q(2y + qz')},$$

unde $l = \sqrt{(x')^2 + (y')^2 + (z')^2}$, $p = \dfrac{dz'}{dx'}$, $q = \dfrac{dz'}{dy'}$.

Dunkin şi Levin ajung la formule similare folosind cosinuşii directori ai normalei la suprafaţă în punctul de reflecţie şi avem :

$$x = \frac{2d(x_1c + x_3a)}{2c(d - x_2b) - x_3(1 - 2b^2)}$$

$$y = \frac{2d(x_2c - x_3b)}{x_3(1 - 2b^2 + 2x_2b)}$$

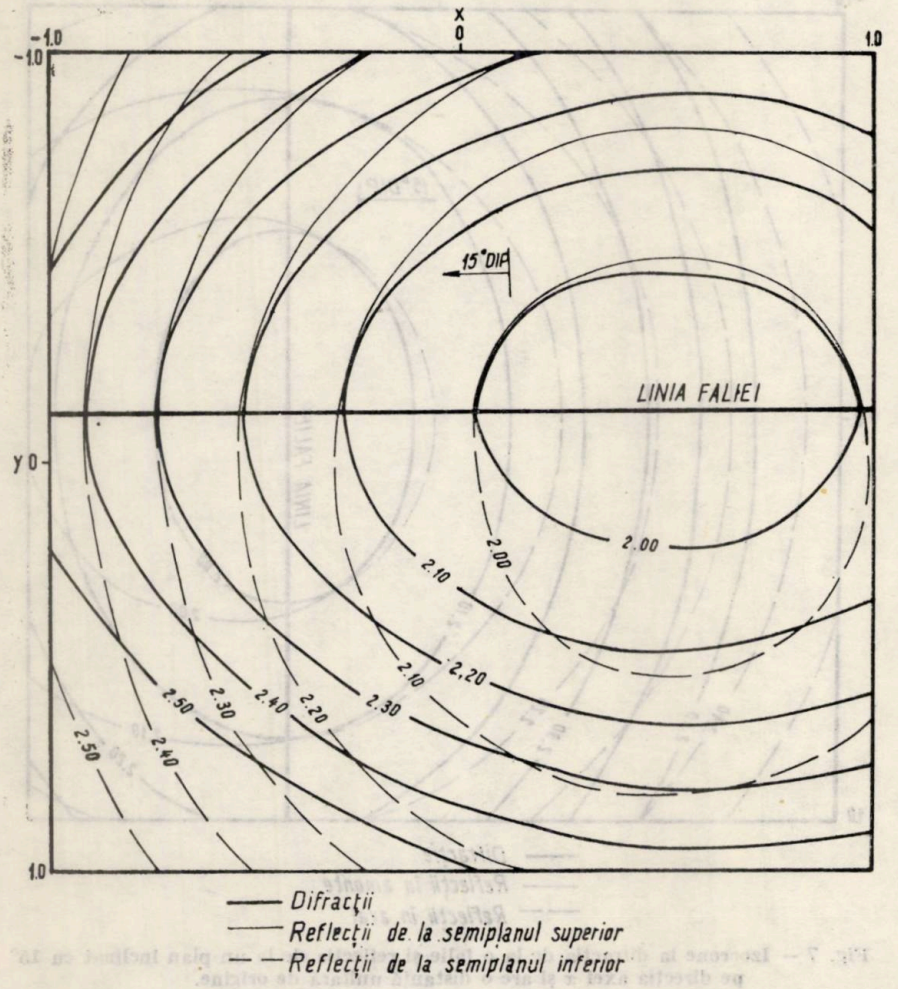


Fig. 8 — Izocrone la difracţia unei falii înclinate şi reflecţii de la un plan înclinat pe direcţia axei x şi la o distanţă unitară de origine.

În care x_1, x_2 şi x_3 sînt coordonatele punctului de pe suprafaţa reflectatoare; a, b, c — cosinuşii directori ai normalei la plan în punctul respectiv; d — distanţa la plan.

Configurațiile de izocrone ale modelelor alese.

Cu ajutorul expresiilor lui Bogdanov am întocmit un program capabil să ne furnizeze timpul parcurs T și coordonatele punctului de ieșire x și y pentru punctele apriori definite într-o rețea pătratică cu ochiurile de 100 m.

Pentru încercarea programului am ales un brahianticlinal, ca în lucrarea lui Dunkin, cu apexul situat la 4600 m și amplitudinea de 200 m. Viteza folosită a fost de 3000 m/s.

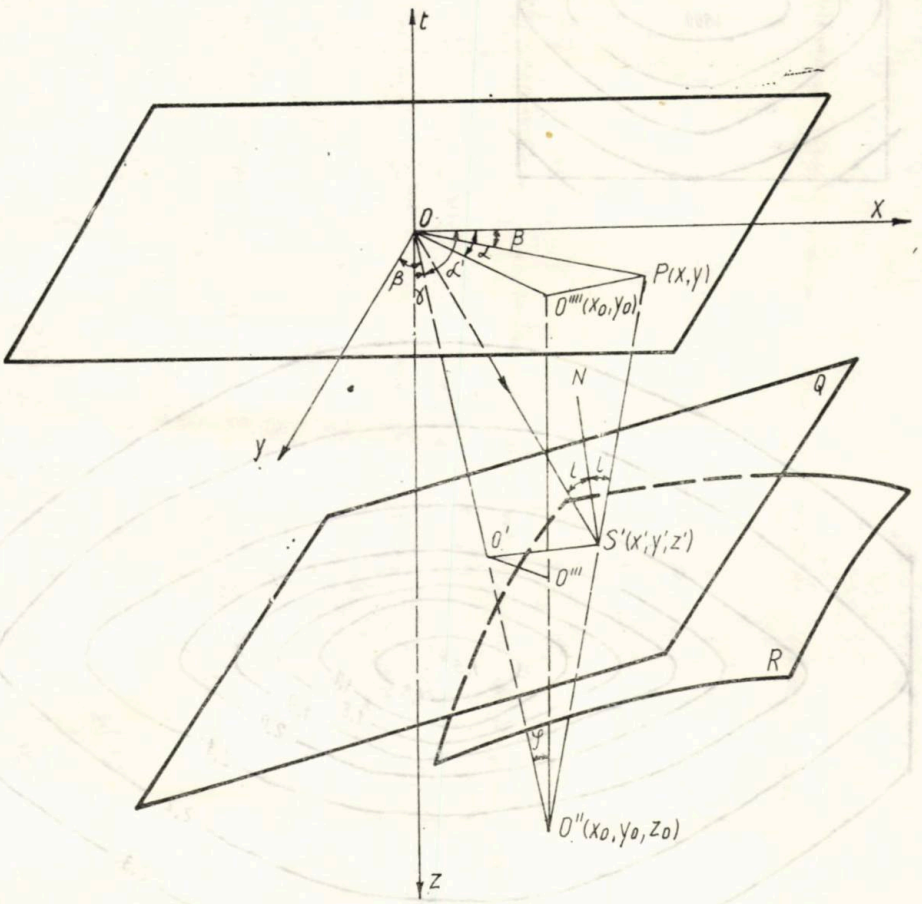


Fig. 9 — Geometria reflecției de la un punct de pe o suprafață oarecare.

Sursa singulară a fost amplasată central unde s-a ales și originea coordonatelor.

După rulare, am întocmit configurația izocronelor, figura 10. Ea este identică cu cea din amintita lucrare.

Cuplu anticlinal-sinclinal. Cu date pentru o structură anticlinal-sinclinal adiacent, de extindere infinită, cu apexul situat la adîncimea de

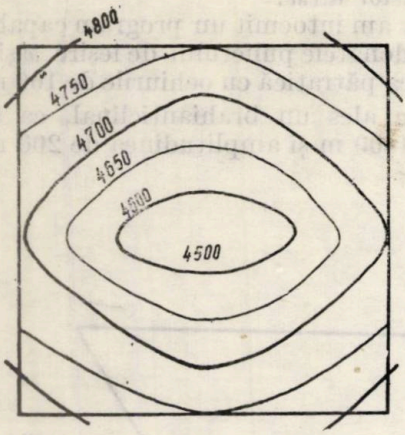
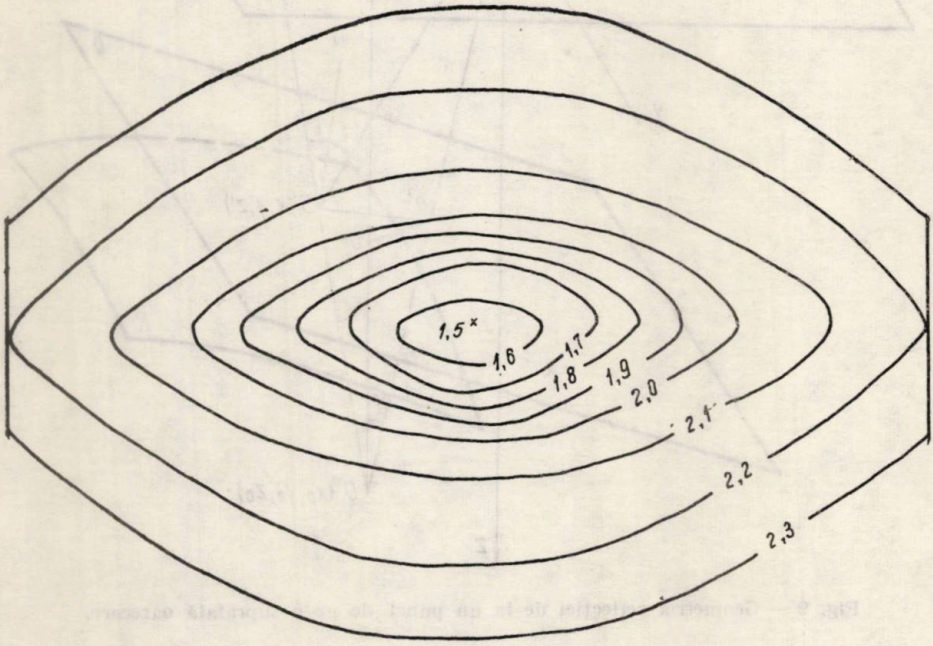


Fig. 10 — Model de anticlinal (sus) și izocronele calculate de la acestea (jos).



2500 m, amplitudinea de 200 m, cu puncte definite prin rețeaua amintită pe o suprafață de 6,250 km² (2,5 × 2,5) și cu o viteză constantă pentru mediu acoperitor de 2000 m/sec, s-a rulat același pogram.

Cînd sursa a fost plasată central s-a obținut configurația de izocrone din figura 11, iar cînd sursa a fost plasată marginal — longitudinal s-a obținut figura 12.

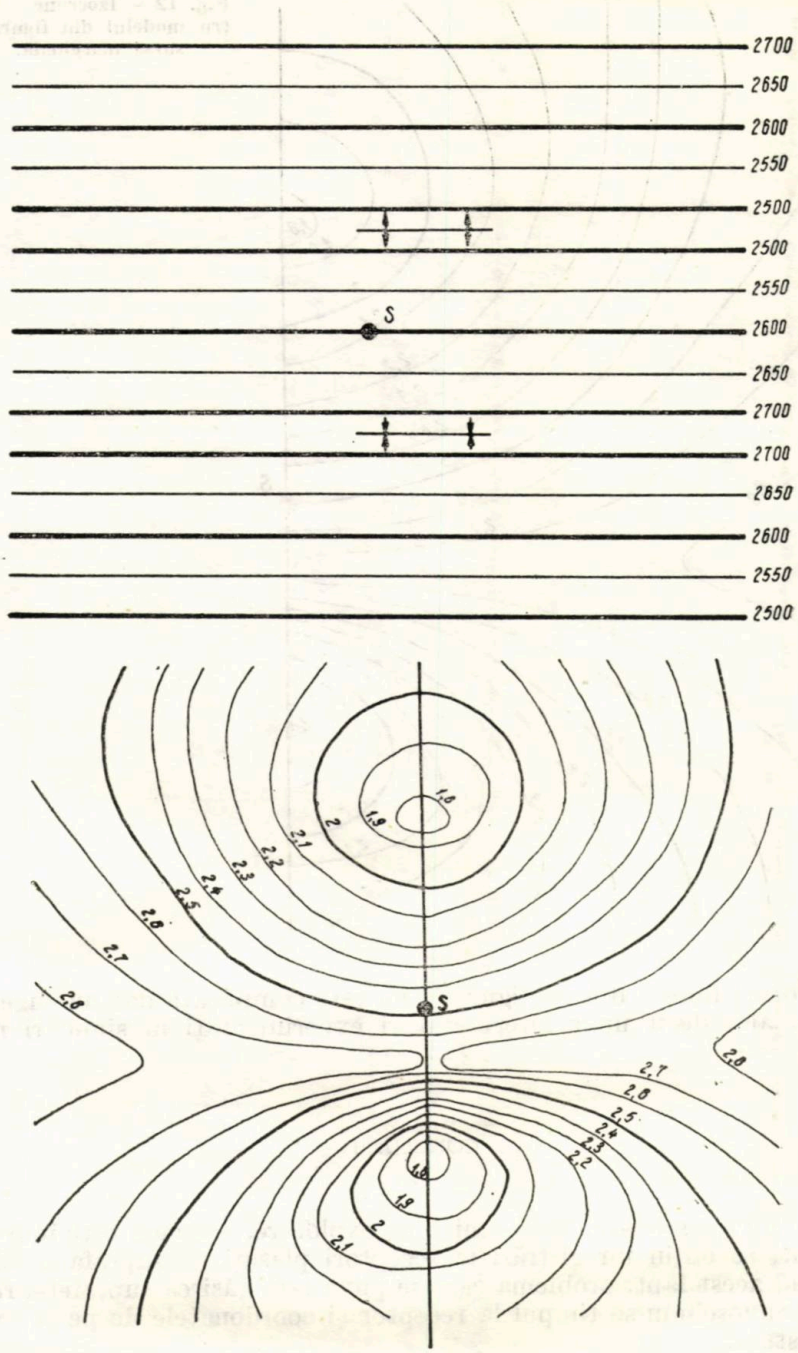


Fig. 11 — Anticlinal sinclinal (sus) și izocronele calculate (jos) pentru o sursă centrală și geofoni într-o rețea rectangulară.

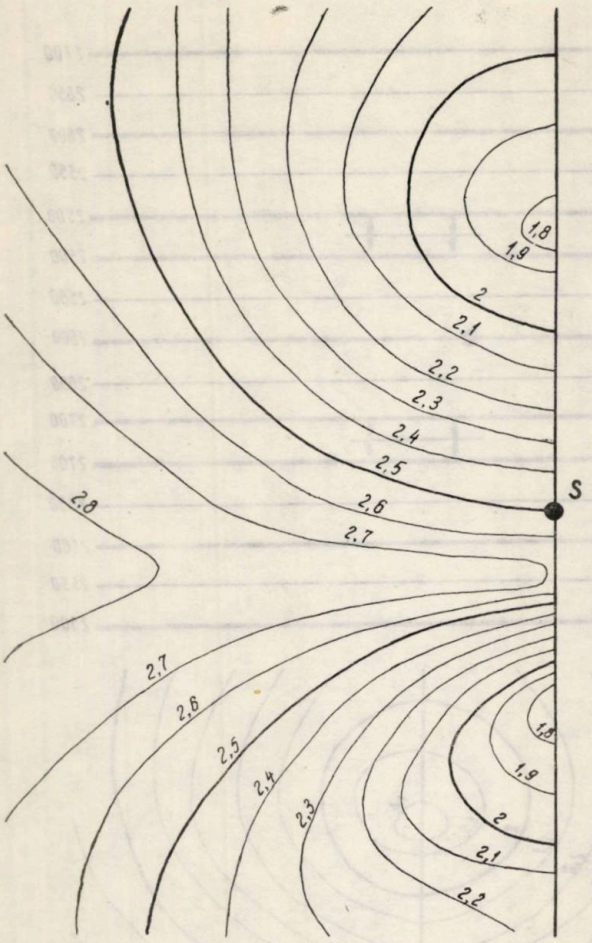


Fig. 12 — Izocrone pentru modelul din figura 11 sursă marginală.

Forma liniilor din configuraţie nu este complicată dar nu sugerează modelul ales decît unor interpretatori experimentaţi în simulări matematice.

3. CONCLUZII

3.1. *Proces invers.* În seismica de explorare, aşa cum este îndeobşte cunoscut, se obţin înregistrări la receptori plasaţi pe suprafaţa solului. Dat fiind acest fapt, problema care se pune este găsirea suprafeţei reflectatoare cunoscîndu-se timpul la receptor şi coordonatele de pe suprafaţă ale acestuia.

Pentru descrierea reflectorului atît Bogdanov cît şi Dunkin dau expresii prin care se calculează coordonatele punctului de subsuprafaţă

care a generat emergența la receptor funcție de coordonatele acestuia și viteză (figura 13).

$$x_1 = \frac{\left[xvT - \frac{1}{2}\, vT_x(x^2 + y^2 + v^2T^2) - yvT_y\,(x - y^2TT_x)\right]}{(vT - xVT_x - yVT_y)}$$

$$x_2 = \frac{\left[yvT - \frac{1}{2} vT_y(x^2 + y^2 + v^2\,T^2) - xvT_2(y - v^2TT_y)\right]}{(vT - xVT_x - yVT_y)}$$

$$x_3 = [(vT_x)^{-2}\,(x - x_1)^2 - (x - x_1)^2 - x_2^2]^{1/2}$$

T_x și T_y sînt derivatele timpului în raport cu axele x și y.

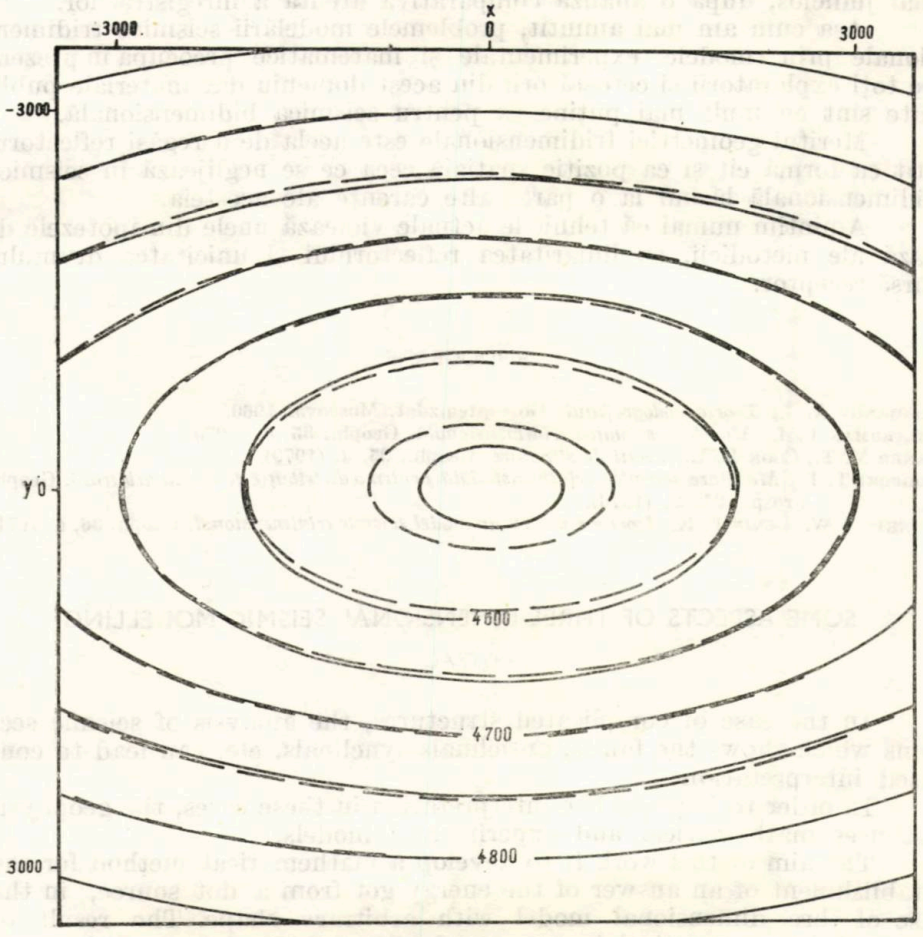


Fig. 13 — Comparație între conturile de adîncime originale și calculate pentru un reflector elipsoidal.

Trebuie menționat că este dificil de a găsi T_x și T_y din datele de teren întrucît acestea conțin zgomot.

Mai mult, în teorie sînt utilizate un număr limitat de paritățisursă-geofon.

Figura 13 înfățișează o subsuprafață presupusă (contururi pline) si cea calculată prin expresiile de mai sus (linii întrerupte).

Se constată că configurațiile sînt aproape identice.

3.2. *Considerații.* Ceea ce s-a prezentat în această lucrare este numai începutul unui studiu de modelare seismică tridimensională. Studiul urmărește obținerea de configurații de izocrone pentru modele din ce în ce mai complete, mai complicate, cu care vom încerca să ne apropiem cît mai mult de situațiile geo-tectonice reale.

Extinderea tehnicii de modelare tridimensională la multireflectori stratificați, cu viteze variabile și chiar la incidențe nenormale vor permite geofizicianului interpretator să reprezinte subsuprafețele reflectatoare mai judicios, după o analiză comparativă atentă a înregistrărilor.

Așa cum am mai amintit, problemele modelării seismice tridimensionale prin modele experimentale și matematice preocupă în prezent pe toți exploratorii și cercetătorii din acest domeniu dar materiale publicate sînt cu mult mai puține ca pentru seismica bidimensională.

Meritul geometriei tridimensionale este acela de a regăsi reflectorul atît ca formă cît și ca poziție spațială ceea ce se neglijează în seismica bidimensională lăsînd la o parte alte carențe ale acesteia.

Amintim numai că tehnicile actuale violează unele din ipotezele de bază ale metodicii, ca liniaritatea reflectorului și unicitatea drumului sursă-receptor.

BIBLIOGRAFIE

BOGDANOV A. I., *Teoria hodografului*. Gostoptehizdat, Moscova, 1960.
HILTERMAN F. I., *Modelare seismică tridimensională*. Geoph., **35**, *6*, (1970).
TANER M. T., COOK E. E., *Lecții de simulare*. Geoph., **35**, *4*, (1970).
DOBECKI T. L., *Modelare seismică tridimensională pentru o distribuție de viteză arbitrară*. Geoph. Prosp., **21**, *2*, (1973).
DUNKIN I. W., LEVIN F. K., *Izocrone pentru un model seismic tridimensional*. Geoph, **36**, *6* (1971)

SOME ASPECTS OF THREE-DIMENSIONAL SEISMIC MODELLING

(ABSTRACT)

In the case of complicated structures, the analysis of seismic sections which shows the faults, anticlinals synclinals, etc. can lead to confused interpretation.

In order to improve the interpretation in these cases, the geophysicist uses mathematical and experimental models.

The aim of this work is to develop a mathematical method for the establishment of an answer of the energy got from a dot source, in the case of three-dimensional model with arbitrary shape. The result of the work has a practical importance for the seismic interpretation and can elucidate some problems which usually occur in seismic recordings.

INVESTIGAREA TRIDIMENSIONALĂ ÎN PROSPECȚIUNEA SEISMICĂ PRIN TEHNICA PROFILULUI LAT

DE

V. CHIȘCAN, M. COSTESCU, G. IONESCU, V. VARODIN

Întreprinderea de prospecțiuni geologice și geofizice pentru hidrocarburi, Str. Coralilor 20, București

Pe linia preocupărilor permanente de a contribui la descifrarea de noi rezerve de hidrocarburi, începînd cu anul 1976, în I.P.G.G.H. s-a aplicat metoda seismică de profilare continuă tip profil lat. Nu insistăm asupra principiilor teoretice care stau la baza acestei metode, sau asupra condițiilor geo-morfologice care trebuiesc îndeplinite și nici asupra modului de aplicare în teren, întrucît, toate acestea au constituit obiect de comunicare la ultimul simpozion de geofizică. Amintim totuși că înregistrările de teren trebuie să asigure o rețea regulată de puncte de subsol în care atributele acoperirii multiple rămîn perfect valabile.

În lucrările executate în I.P.G.G.H. modul de obținere a unei fișii de investigație spațială a diferit în funcție de condițiile de acces și dotare tehnică de lucru. Fie că s-au folosit o linie singulară de receptori si mai multe linii de surse, fie că s-au înregistrat simultan mai multe linii de geofoni din 1—2 linii de explozii, paralelismul și simetria liniilor au condus la obținerea rețelelor rectangulare care să permită o corelare spațială.

Cerința obținerii unor înregistrări cu un raport semnal/zgomot favorabil, s-a dovedit a fi cel puțin la fel de importantă ca în lucrările de profilare continuă bidimensională. De asemenea, cerința realizării unor corecții de mare acurateță este esențială în efectuarea acestui tip de lucrări.

Prelucrarea numerică a datelor înregistrate spațial poate fi separată în două etape majore care au ca rezultat:

a) obținerea traselor sumă în toate punctele comune de pe limită; procesele în această etapă nu se deosebesc de cele care conduc la obținerea secțiunilor seismice de acoperire multiplă bidimensionale;

b) poziționarea spațială a elementelor reflectante care se calculează tridimensional și se prezintă sub formă de hărți de variație a adîncimii elementului reflectant în planul XY sau secțiuni verticale de adîncime în lungul unui aliniament.

Pentru ilustrarea acestor etape de prelucrare prezentăm figura 1, în care trasele însumate sînt reprezentate sub forma a 5 secțiuni paralele și echidistante lateral la 25 m la nivelul limitelor.

Secțiunile arată o structură relativ liniștită la suprafață, dar cu unele incertitudini în corelarea orizonturilor, în special în fereastra de timp 0,4—1,6 s, datorate interferării undelor. Există însă posibilitatea existenței unor înclinări laterale față de aliniamentul profilului, astfel că nici una din cele cinci secțiuni nu reprezintă o secțiune verticală a

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 2, P. 237—247, BUCUREȘTI 1979

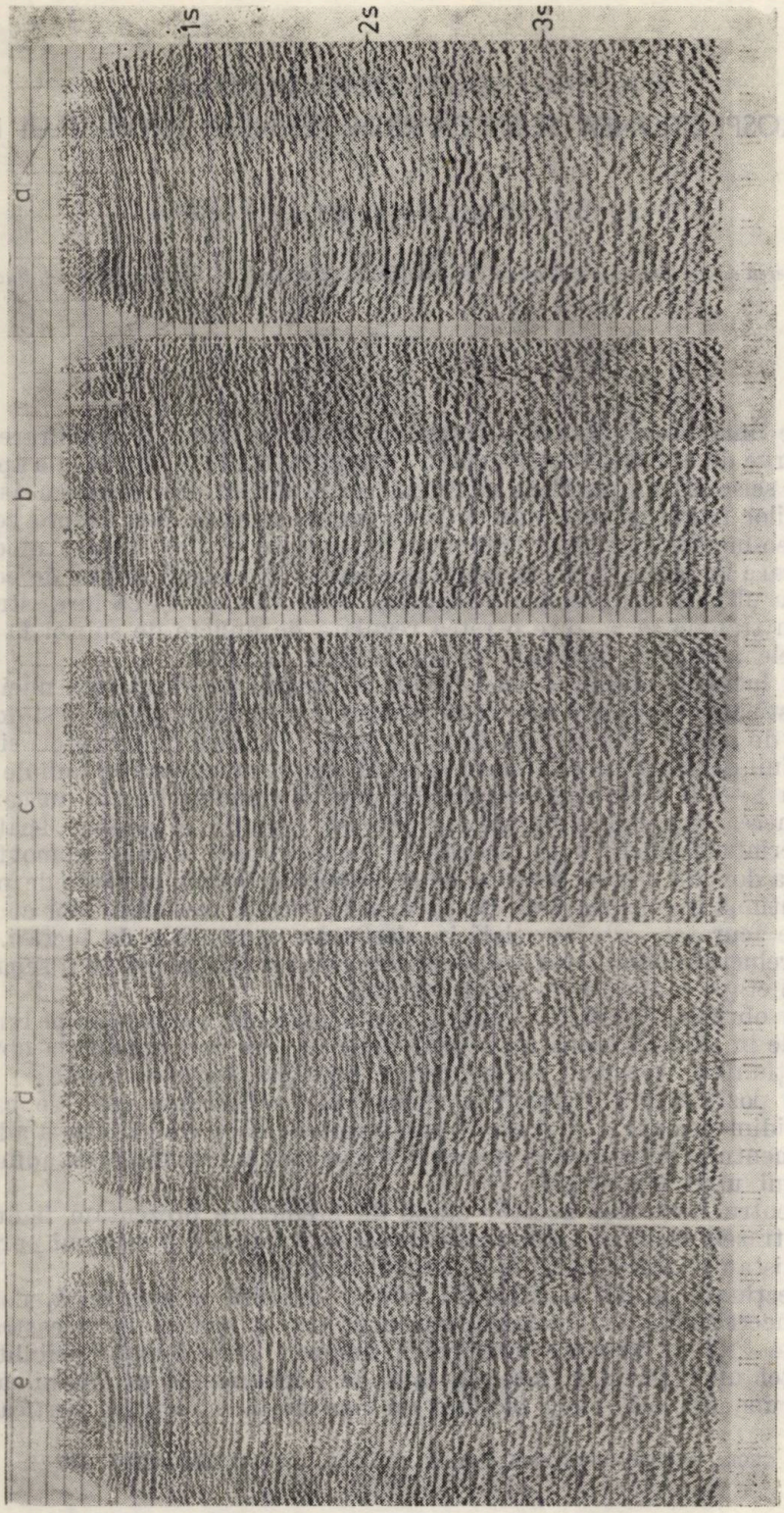


Fig. 1 — Secțiuni seismice de timp normal paralele și echidistante.

structurii. Aceste înclinări laterale sînt identificabile prin Δt-urile care se manifestă pe colecțiile de trase transversale realizate din cele 5 secțiuni (figura 3). De asemenea ca efect al existenței acestor înclinări laterale se constată în secțiunea sumă totală a celor 5 secțiuni paralele „stingerea" orizonturilor ca urmare tocmai a acestor diferențe de timp (figura 2).

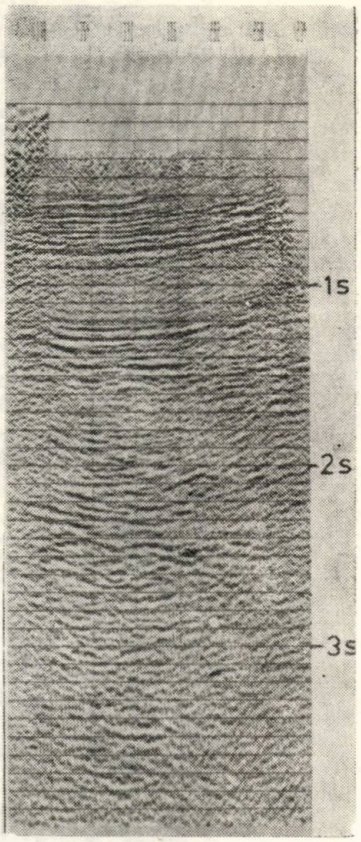


Fig. 2 — Secțiune sumă totală a celor 5 secțiuni paralele.

Situația constatată prin secțiunile prezentate reclamă, în scopul obținerii unei imagini structurale corecte, două obiective:

— separarea undelor din planul profilului de cele conținute în plane normale laterale;

— poziționarea corectă, spațială, a fiecărei categorii de unde.

Criteriile de diferențiere a undelor rezidă tocmai în posibilitățile suplimentare introduse de cea de a III-a dimensiune în înregistrare și prelucrare. S-a arătat deja prin figura 3 că există o mărime care caracterizează înclinarea laterală și anume Δt-ul transversal, care deci, poate constitui un criteriu de separare al undelor. Investigarea înclinărilor laterale se poate face cu ajutorul unor procese numerice, mult mai sensibile decît simpla vizualizare a traselor transversale. Prin aceste procese se execută suma traselor pentru diferite trepte de Δt, rezultînd un maxim cînd sînt în sinfază pentru o anumită valoare de înclinare.

Un alt parametru important al prelucrării, viteza de însumare, constituie un mijloc de diferențiere spațială a undelor. În figura 4 este ilustrată „puterea" de diferențiere a acestui criteriu. Se observă că la același timp sau la timpi apropiați se individualizează unde diferite la viteze diferite. Pentru fiecare din aceste viteze de însumare se poate obține o variantă de secțiune de însumare care să conțină un orizont sau altul dintre cele evidențiate în analiza de viteze. Un asemenea set de variante de însumare obținute cu vitezele 2100 (a), 2200 (b), 2300 (c) este prezentat în figura 5 pentru toate cele 5 aliniamente ale profilului lat, în fereastra 0,4—1,2 s. Examinînd aceste anexe se observă că pentru fiecare viteză se individualizează anumite orizonturi așa cum de altfel era de așteptat. Decizia care se ia în această fază a prelucrării este de a lua în considerare fiecare dintre orizonturile evidențiate cu viteza corespunzătoare și nu de a examina în mod arbitrar un orizont sau altul. Justificarea acestui tratament acordat orizonturilor prin vitezele atribuite se bazează tocmai pe posibilitățile investigării tridimensionale care în final vor poziționa corect și prin aceasta vor separa undele cu parametrul viteză diferit.

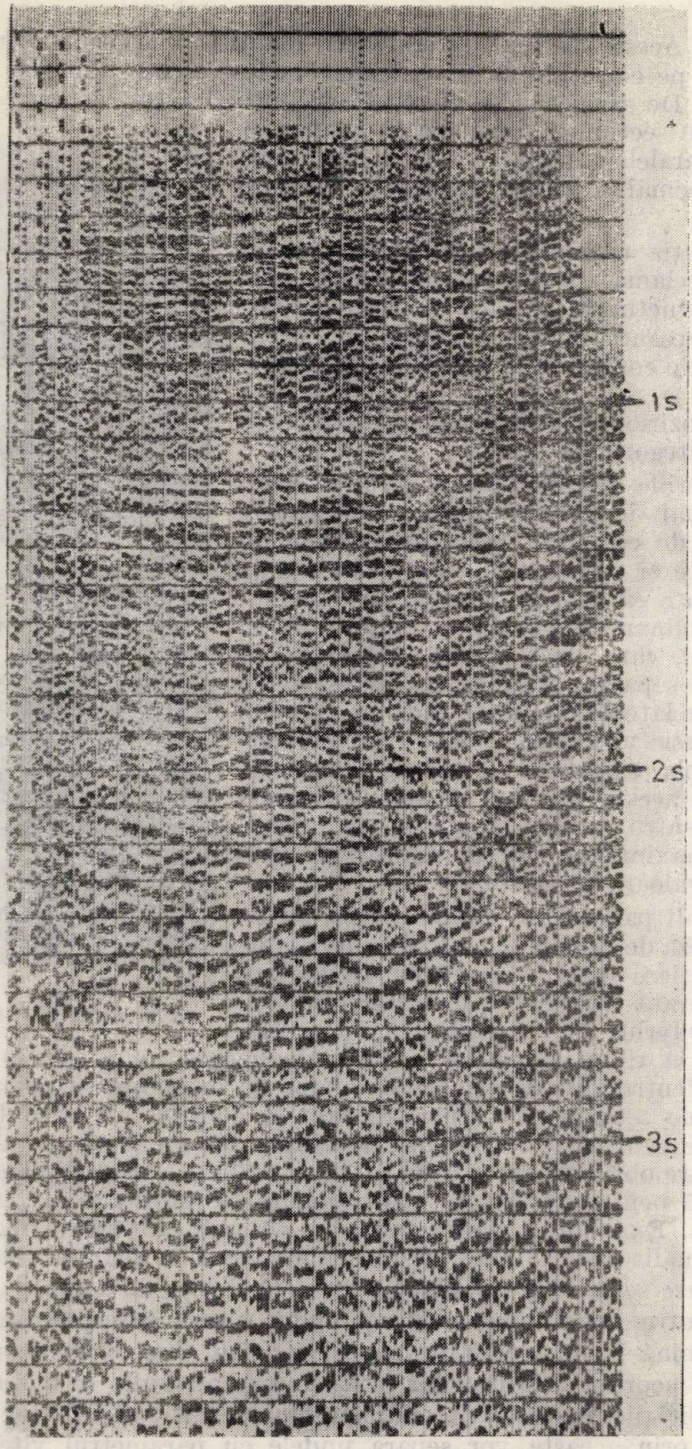


Fig. 3 — Colecţiile de trase transversale.

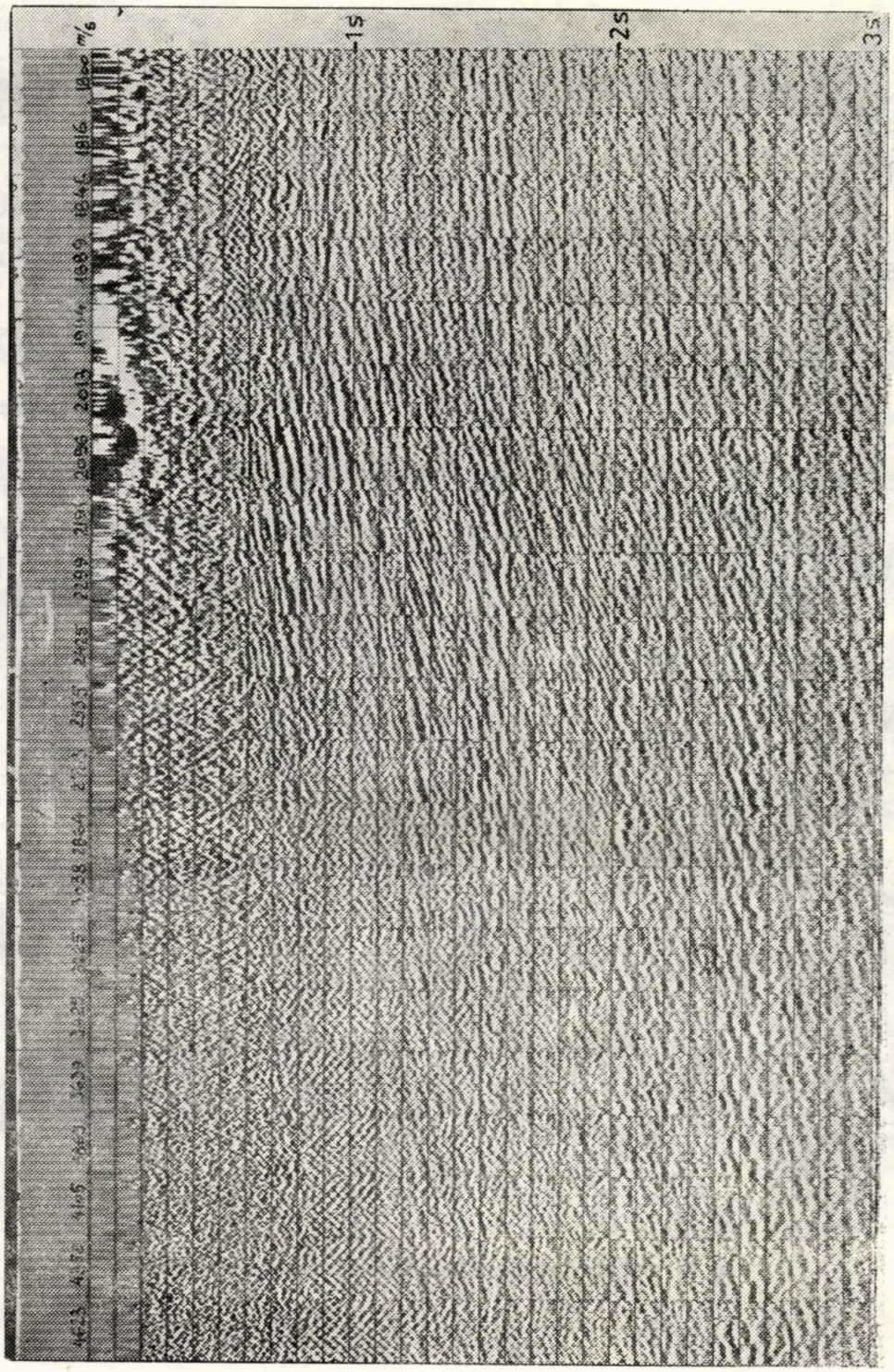


Fig. 4 — Analize de viteze.

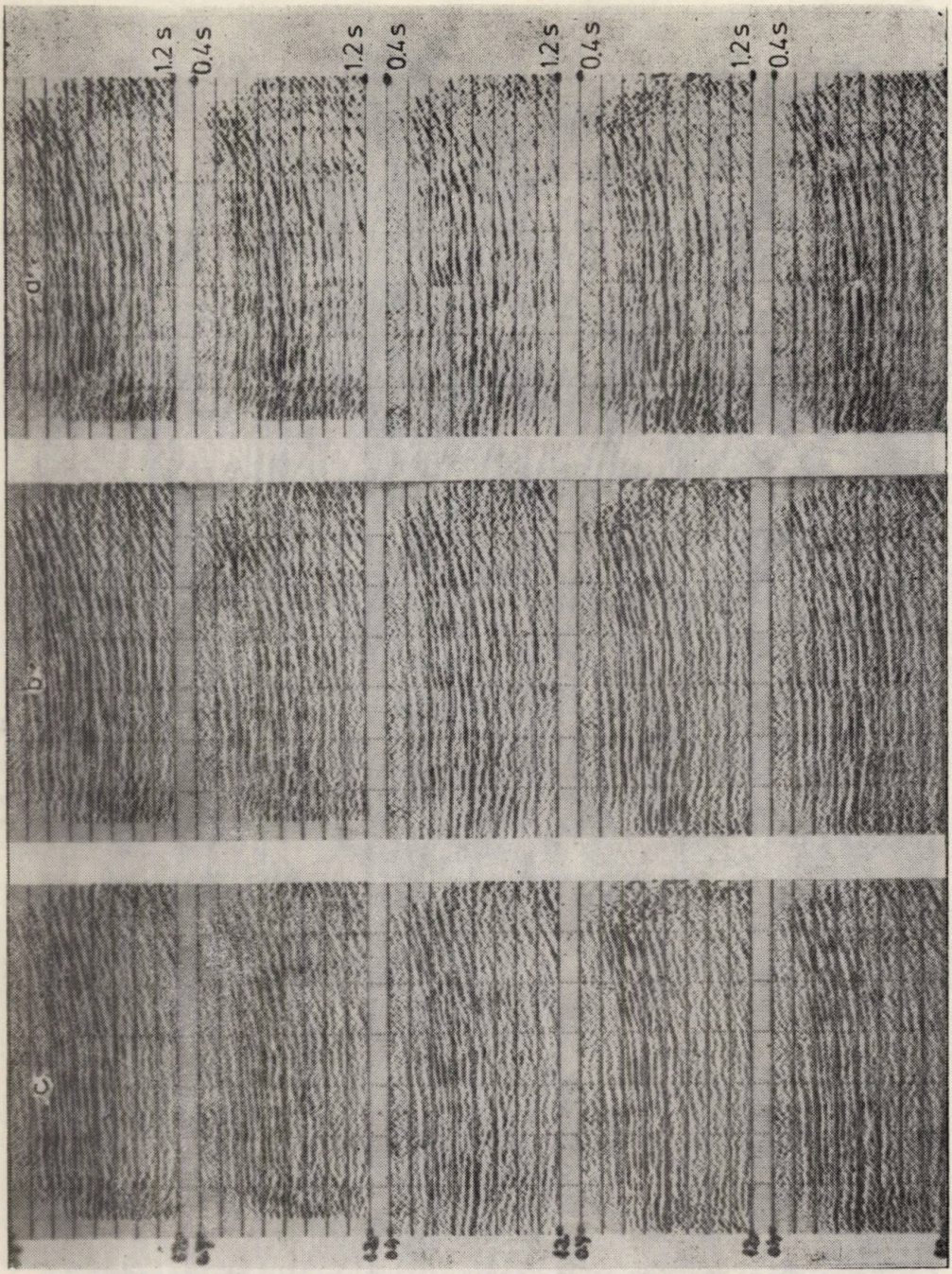


Fig. 5 — Ferestre de timp pe trase însumate cu un set de viteze

Subliniem că o asemenea posibilitate nu este realizabilă în cazul bidimensional pentru că ar conduce la o imagine falsă de situare a tuturor undelor în planul vertical al secțiunii.

Folosirea concomitentă a analizelor continui de viteză și de înclinare permite selectarea orizonturilor corelabile spațial obținute succesiv pentru fiecare viteză. Astfel fiecare orizont bine individualizat are cunoscute 3 elemente: variația timpului pe direcție longitudinală, variația timpului pe direcție transversală și viteza, elemente suficiente, pentru poziționarea spațială cu un anumit grad de precizie a fiecărui orizont.

În figura 6 se prezintă secțiuni care evidențiază și separă orizonturi cu ajutorul investigării. Δt-urilor transversale pentru vitezele de însumare cunoscute. Pe baza variațiilor de timp longitudinale și transversale și a vitezelor se calculează variația de adîncime pe linia de cea mai mare pantă exprimată printr-un vector de poziție. Originea acestui vector coincide cu minimul hiperboloidului univoc determinat prin viteză și timp. Prin stabilirea acestor vectori, obiectivele investigării tridimensionale de tip profil lat se poate face așa cum s-a menționat prin hărți de variație a adîncimii fiecărui orizont identificat și prin secțiuni verticale pe orice aliniament dorit.

Hărțile cu izobate pentru orizonturile din anexa 6 au fost calculate și reprezentate prin procedee numerice. Dintre procesele aplicate remarcăm procesul de interpolare a valorilor punctuale, care nu realizează o simplă interpolare liniară ci bazîndu-se pe principii statistice execută o ponderare a valorilor punctuale în funcție de compatibilitatea dintre ele.

Figura 7 indică traseul izobatelor pentru unul dintre orizonturile selectate în raport cu aliniamentul central al profilului lat. În secțiuni, orizonturile descriu în general o structură sinclinală. Hărțile confirmă această imagine și o precizează în sensul indicării direcției structurii și a detalizării flancurilor sale. De asemenea se constată că pentru majoritatea orizonturilor, orientarea profilului lat nu coincide cu linia de cea mai mare pantă, deci oricare dintre secțiunile inițiale nu poate fi considerată secțiune verticală. O secțiune verticală corectă pe orice aliniament dorit se poate obține numai extrasă din aceste hărți.

Din compararea hărților orizonturilor 1, 4, 7 se constată că deși ele au practic aceiași adîncime totuși poziția lor în raport cu profilul este diferită: orizontul 4 este situat în planul profilului pentru că izobatele intersectează aliniamentul profilului și prezintă o distribuție simetrică în raport cu acestea, pe cînd orizonturile 1 și 7 se situează lateral și opus, între adîncimile 600—800 m. Dacă aceste hărți s-ar suprapune, izobatele lor nu s-ar contrazice ci s-ar completa reciproc. În felul acesta s-a dovedit că unde considerate inițial ca provenite de la orizonturi diferite reprezintă același orizont structural, recepționat din plane normale diferite, cu timpi și viteze de propagare diferite.

Din nou menționăm că un asemenea rezultat nu s-ar fi putut obține prin investigarea bidimensională, în carecaz, o astfel de situație era contradictorie și rezolvarea constă în eliminarea arbitrară a unei informații utile, dar nereprezentabilă în două dimensiuni.

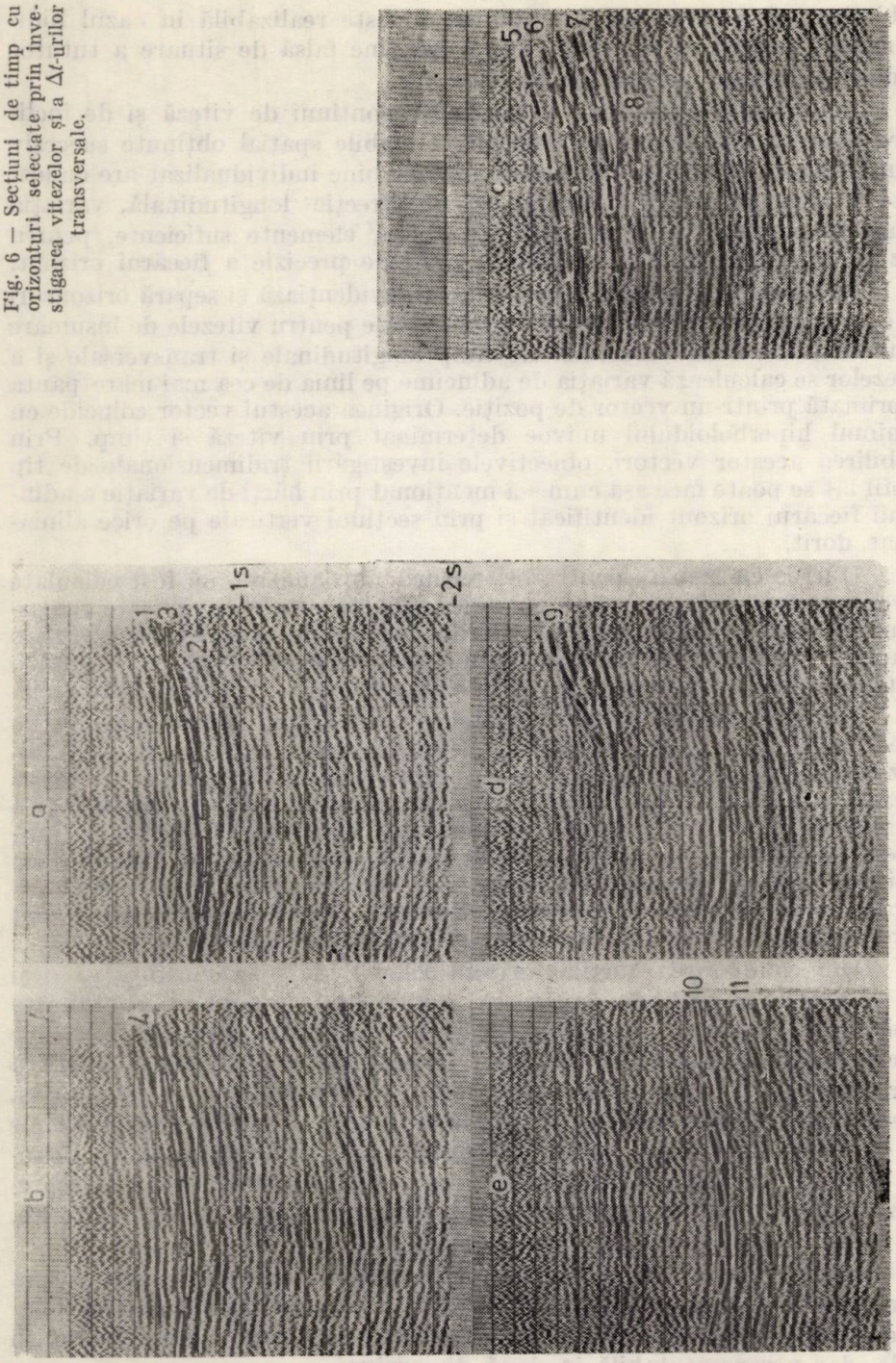


Fig. 6 — Secțiuni de timp cu orizonturi selectate prin investigarea vitezelor și a Δt-urilor transversale.

Figura 8 conține cealaltă formă de prezentare a investigării spațiale și anume o secțiune verticală construită pe baza hărților și valabilă pe aliniamentul central al profilului lat.

Evident această secțiune conține numai acele orizonturi ale căror izobate intersectează traseul profilului.

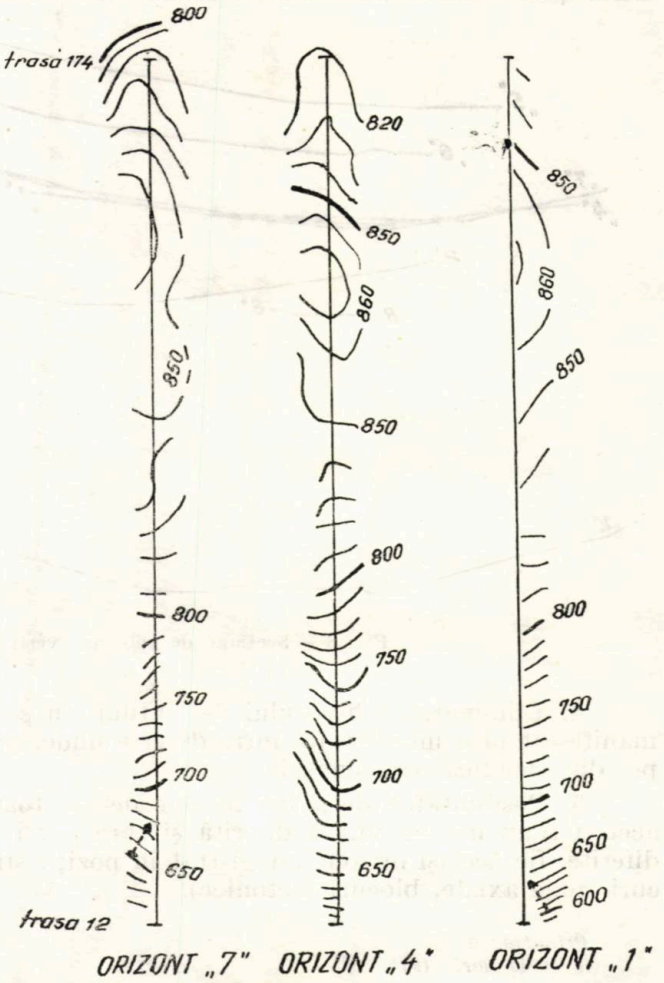


Fig. 7 — Hărți cu izobatele orizonturilor selectate.

Atît hărțile obținute cît și secțiunea verticală atestă corectitudinea principiilor și procedeelor de înregistrare și prelucrare aplicată prin metodica profilului lat.

Materialul prezentat dovedește în principal următoarele avantaje ale lucrărilor tridimensionale tip profil lat:

1. Obținerea secțiunilor verticale corecte prin reținerea elementelor dintr-un plan normal care coincide cu planul secțiunii și prin eliminarea elementelor din plane normale laterale profilului.

2. Atașarea unei hărți de detaliu la fiecare orizont al secțiunii, care completează și precizează caracteristicile structurale ale acestuia.

3. Posibilitatea creării oricărui aliniament de secțiune dorit, conform cu configurația izobatelor și cu elementele structurale importante.

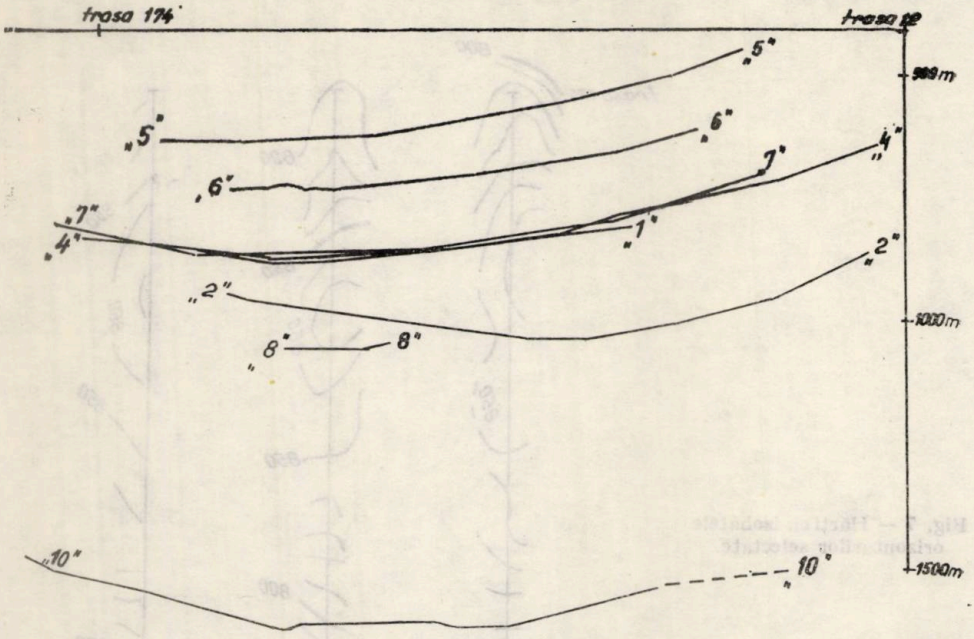


Fig. 8 — Secțiune de adîncime verticală.

4. Eliminarea echivocului des intîlnit în secțiunile bidimensionale, manifestat prin interferența între diverse unde, prin plasarea lor diferită pe dimensiunea transversală.

5. Posibilitatea de a lua în considerare toate undele care apar la același timp dar cu viteză diferită și care pot repzezenta fie orizonturi diferite, fie același orizont înregistrat în poziții structurale diferite (flancuri, zone axiale, blocuri tectonice).

Primit la redacție
la 30 ianuarie 1979

BIBLIOGRAFIE

MICHON D., *Seismic survey by Wide-Line Profiling tackles three-dimensional problems.* Oil & gas Journal, **72**, 7.

BAIXAS F., DIKOFF C., *Wide Line profiling helps the interpretation of geophysical data.* Continuing education symposium „Application of geophysical principles to geologic interpretation" Husten, 1974.

THREEDIMENSIONAL INVESTIGATION IN THE SEISMIC PROSPECTION WITH WIDE LINE PROFILE TECHNIQUE

(ABSTRACT)

Many reflection events seen on seismic traces have their correspondent subsurface point in the lateral vicinity of vertical section. Threedimensional seismic investigation methods like wide line profile may achieve the true structural patterns of reflectors.

To accomplish this objective, seismic data are recorded with multiple coverage technique in a regular grid. Therefore the third dimension of the seismic line is obtained from the width of this grid.

Threedimensional processing of these traces provides a real vertical section and isobath-maps for every continuous horizon.

ASPECTE ALE PROFILĂRII VERTICALE ÎN ȚARA NOASTRĂ

DE

V. VARODIN, G. IONESCU, V. G. BURUIANĂ, C. PETRE

Intreprinderea de prospecțiuni geologice și geofizice pentru hidrocarburi, Str. Coralilor 20, București

Înregistrările seismice în sondele de mare adîncime pentru determinări de viteze au generat ideea introducerii în sonde a unui întreg dispozitiv de geofoni și a urmăririi tuturor undelor care pot apare prin asemenea înregistrări.

Deoarece garnituri de geofoni suficient de mari pentru a cuprinde porțiuni importante din gaura de sondă nu s-au făcut în țara noastră, s-a recurs la metoda înregistrării pe bandă magnetică cu un singur geofon de sondă și compunerea apoi a unei secțiuni de timp, prin selectarea corespunzătoare a traselor.

Această metodă s-a aplicat pînă în prezent la 4 sonde adînci din diverse zone ale țării și a confirmat posibilitățile pe care le are pentru punerea în evidență a unor particularități ale tabloului de unde și a unor caracteristici ale mediului elastic.

PROBLEME PE CARE LE PUNE APLICAREA METODEI

Probleme teoretice. Dacă în cazul în care dispozitivul de geofoni este amplasat pe o direcție (x) situată la suprafață, apar pe înregistrări următoarele tipuri de unde (anexa 1):

a. Unda directă. *b.* Unde refractate. *c.* Unde reflectate. *d.* Unde difractate. *e.* Unde multiplu reflectate. *f.* Unde multiplu reflectat-refractate.

În cazul în care dispozitivul de înregistrare este amplasat pe direcția Z în adîncime, apare problema recunoașterii tipurilor de unde și a interpretării lor.

Pentru aceasta, să ne imaginăm că avem un mediu format din două strate, fiecare strat fiind omogen și izotrop și să analizăm tipurile de înregistrări la care ne putem aștepta.

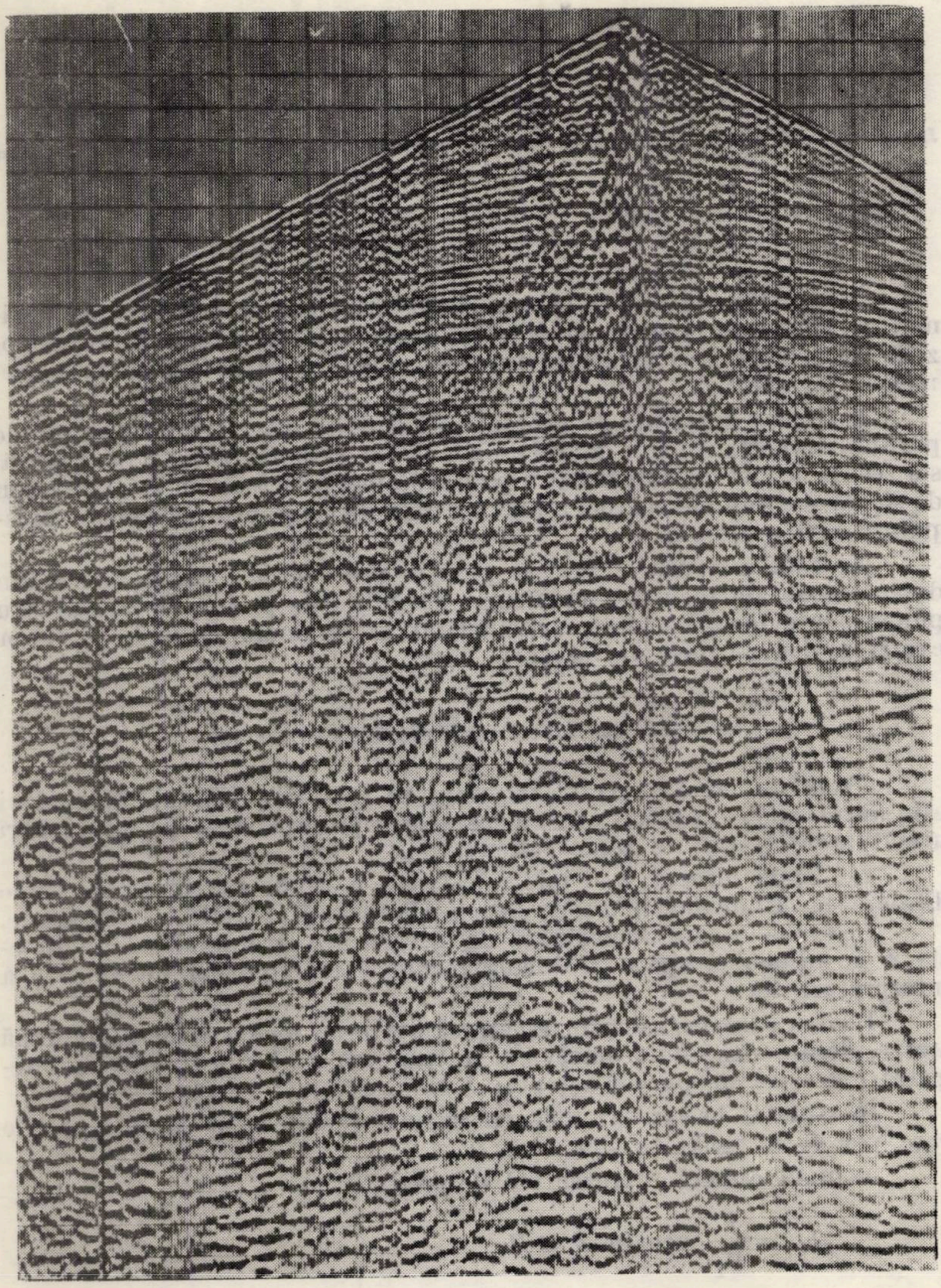
În situația în care dispozitivul și mediul sînt ca în figura 1 undele care vor fi înregistrate sînt:

— unda directă reprezentată de relațiile

$$t_D = \frac{Z}{V_1} \text{ pentru } Z \leqslant H \qquad \text{și}$$

$$t_D = \frac{H}{V_1} + \frac{Z - H}{V_2} \qquad \text{pentru } Z > H$$

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 2, P. 249–264, BUCUREȘTI, 1979



Anexa 1 — Tablou de unde în Depresiunea Getică.

— unda reflectată

$$t_{\text{refl}} = \frac{2H}{V_1} - \frac{Z}{V_1}$$

— undele multiplu reflectate

$$t_{\text{refl}+\frac{1}{2}} = \frac{2kH}{V_1} + \frac{Z-H}{V_2}$$

$$t_{m\,\text{refl}} = \frac{2kH}{V_1} - \frac{Z}{V_1}$$

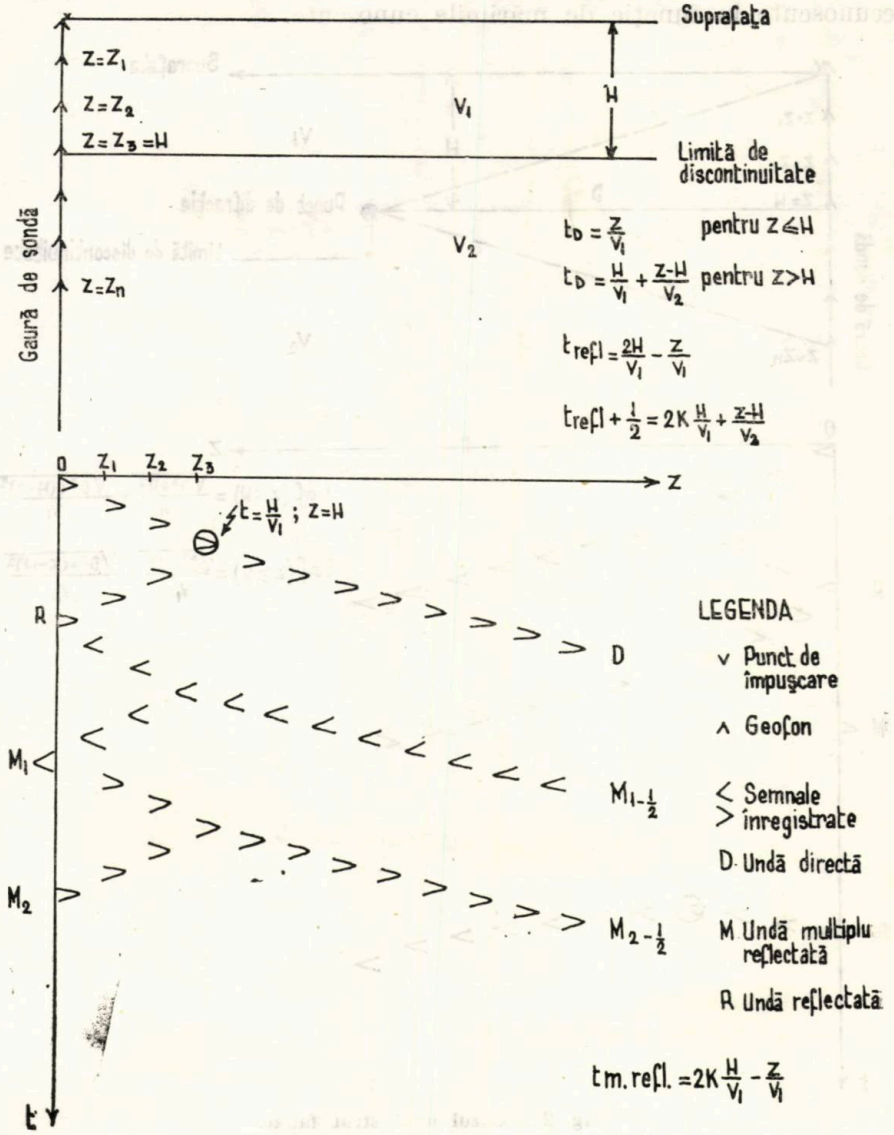


Fig. 1 — Cazul unui strat suprapus peste altul semiinfinit.

unde :

H = adîncimea limitei de separaţie între cele două strate

V_1, V_2 = vitezele de propagare a undelor elastice în mediile 1 şi 2

Z = coordonata curentă a geofonului.

Coordonatele punctului de intersecţie ale dreptelor date de ecuaţiile undelor directă şi reflectată vor fi :

$$t = \frac{H}{V_1} \qquad \text{şi } Z = H.$$

Observăm că se pot determina unele sau altele dintre mărimile necunoscute în funcţie de mărimile cunoscute.

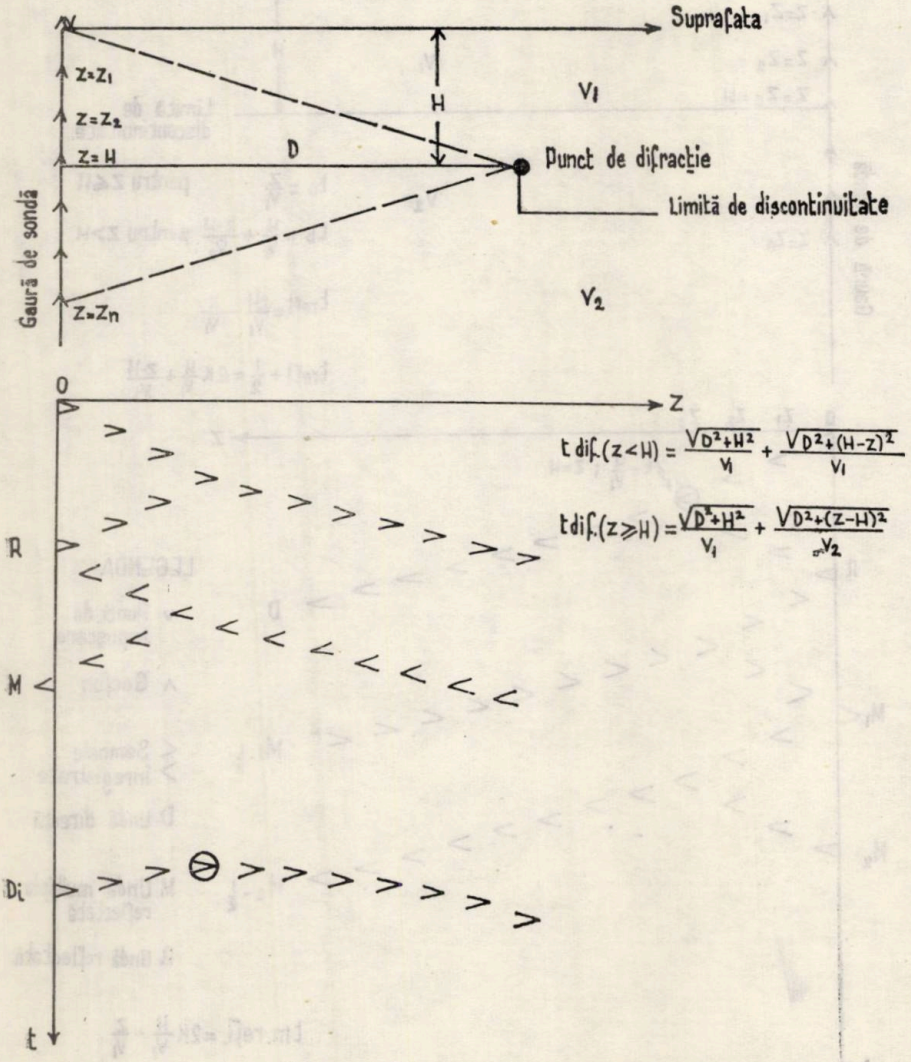


Fig. 2 — Cazul unui strat faliat.

Complicînd modelul, în cazul în care pe limită a apărut un accident (fig. 2), se vor obține următoarele relații pentru unda difractată

$$t_{dif\,(Z<H)} = \frac{\sqrt{D^2 + H^2}}{V_1} + \frac{\sqrt{D^2 + (H - Z)^2}}{V_1} \quad \text{și}$$

$$t_{dif(Z>H)} = \frac{\sqrt{D^2 + H^2}}{V_1} + \frac{\sqrt{D^2 + (Z - H)^2}}{V_2}$$

care reprezintă fiecare cîte o hiperbolă cu extremul comun situat pe aceeași trasă pe care se găsește intersecția dreptelor ce reprezintă undele directă și reflectată.

Cunoașterea extremului respectiv poate ajuta la determinarea distanței D.

O altă complicație a modelului ar putea fi cea din figura 3 în care limita este înclinată.

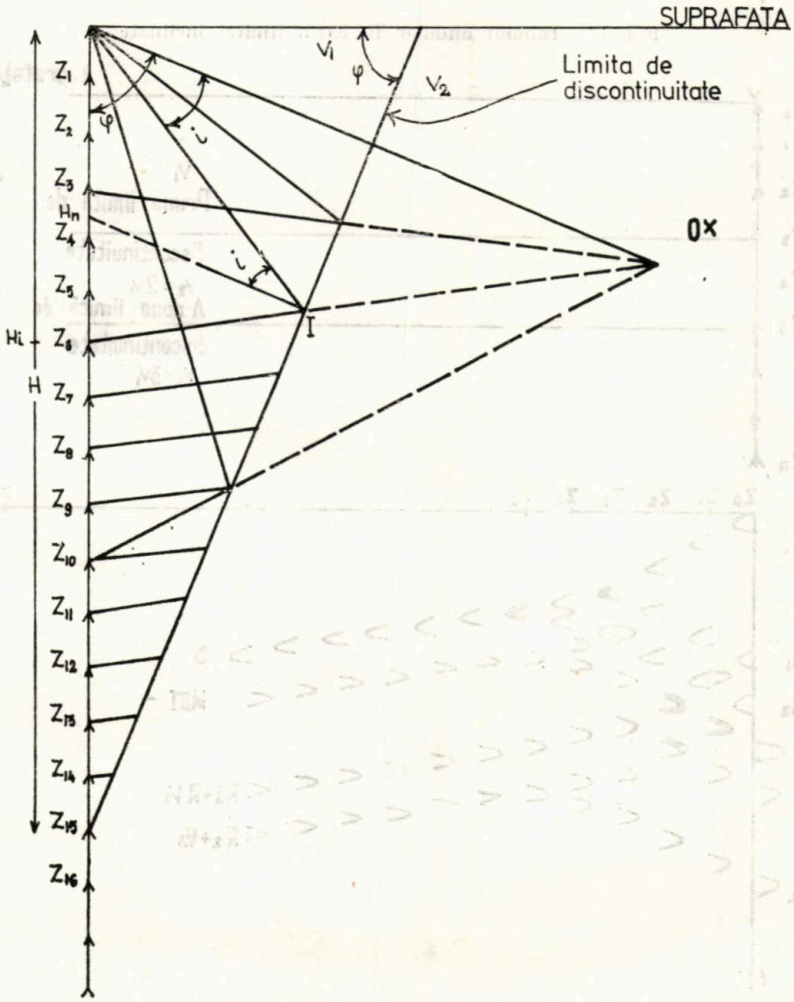


Fig. 3 — Cazul unei limite înclinate.

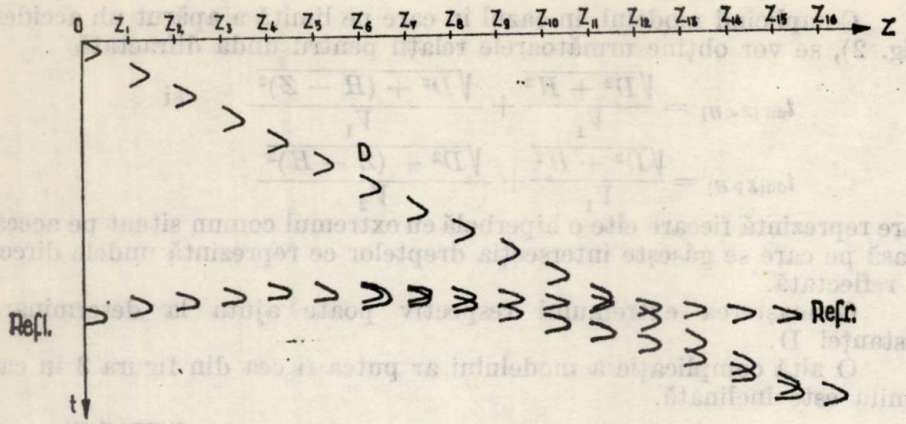


Fig. 4 — Tabloul ondular în cazul limitei înclinate.

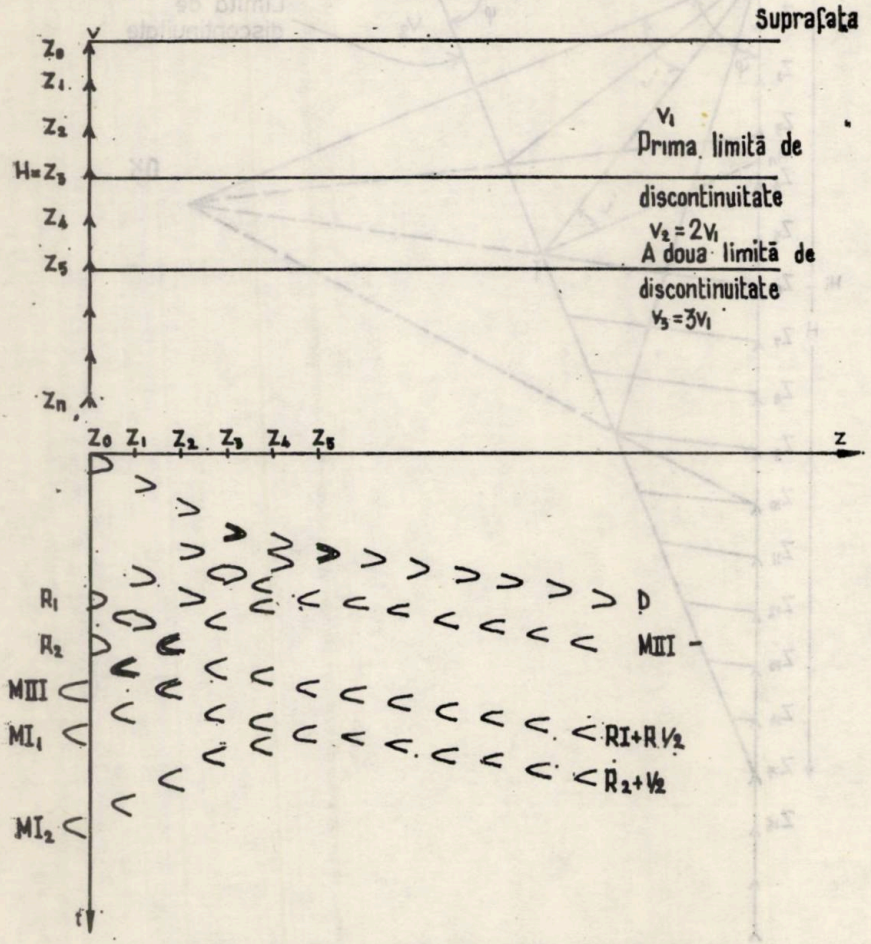


Fig. 5 — Tabloul ondular pentru cazul a trei strate.

În acest caz unda reflectată va avea următoarea expresie (fig. 4):

$$t_{refl} = \frac{\sqrt{(2H\cos\varphi)^2 + Z^2 - 4HZ\cdot\cos^2\varphi}}{V_1}$$

care reprezintă o hiperbolă, unde : φ — reprezintă unghiul dintre orizontală și limita de discontinuitate; H — reprezintă ordonata intersecției limitei cu axa Z.

Formula permite determinarea înclinării (φ) a stratului.

Din păcate însă aplicarea acestui raționament este îngreunată de apariția undei refractate de la limita respectivă, pentru cazul în care vitezele se află în relația $V_2 > V_1$, cu următoarea expresie:

$$t_{refr} = \frac{H\cos\varphi}{V_1\cos i} + \frac{(Z - H_i(H - H_n)\sin\varphi}{V_2(H - H_i)} + \frac{(H - Z)\cos\varphi}{V_1\cos i}$$

unde: $H_i = H\dfrac{\cos\varphi\sin 2i}{\cos i\sin(\varphi + i)}$;

$$H_n = \frac{H\cos\varphi\sin i}{\cos i\sin\varphi}$$

pentru $Z \geqslant H_i$ iar i — unghiul critic.

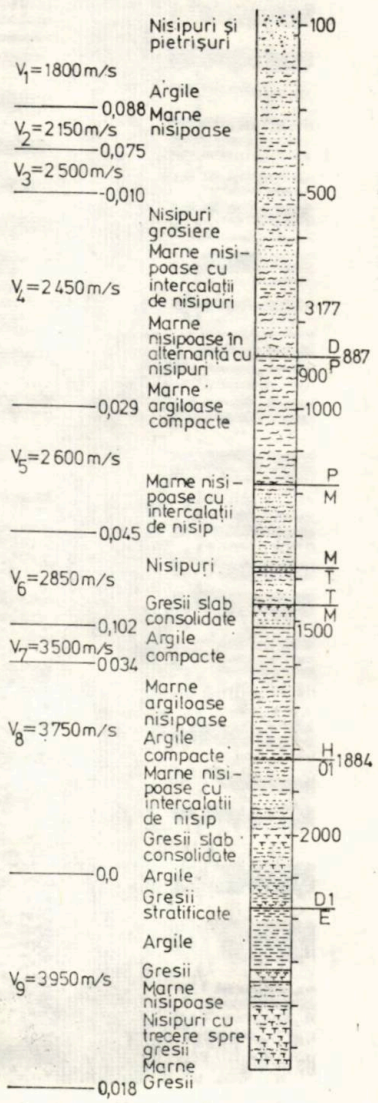
Constatăm că în cazul în care unghiul de incidență este mai mare decît unghiul critic (i) avem $t_{refl} > t_{refr}$ după cum rezultă ușor din faptul că t_{refl} este calculabil pe o hiperbolă, iar t_{refl} pe o dreaptă.

Apariția undei refractate are implicații asupra determinării vitezelor medii și de strat în cazul seismocarotajelor obișnuite, conducînd la deformarea valorii acestora.

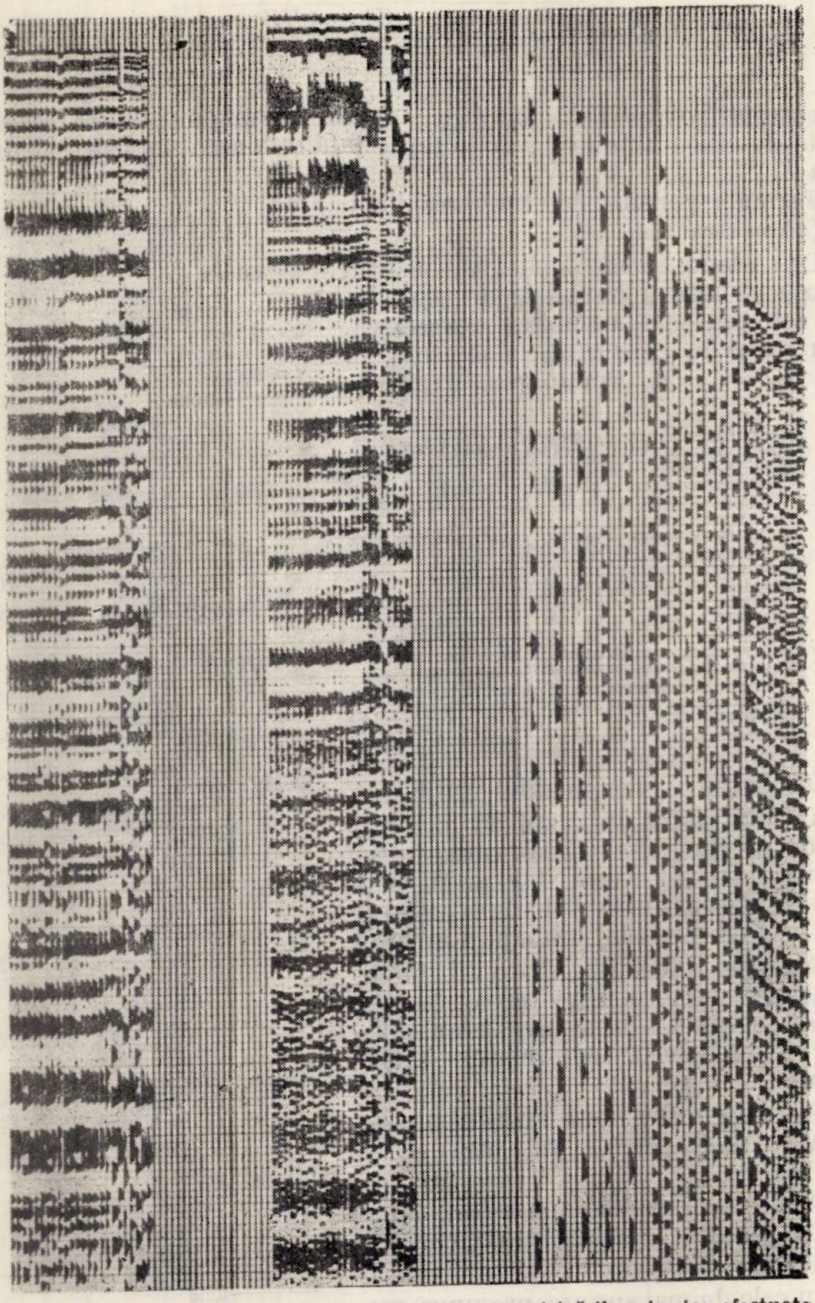
Pentru cazul a două limite de discontinuitate înregistrări ar arăta ca în figura 5.

Apare evident că, cu cît modelul se complică, cu atît interpretarea înregistrărilor devine mai complexă.

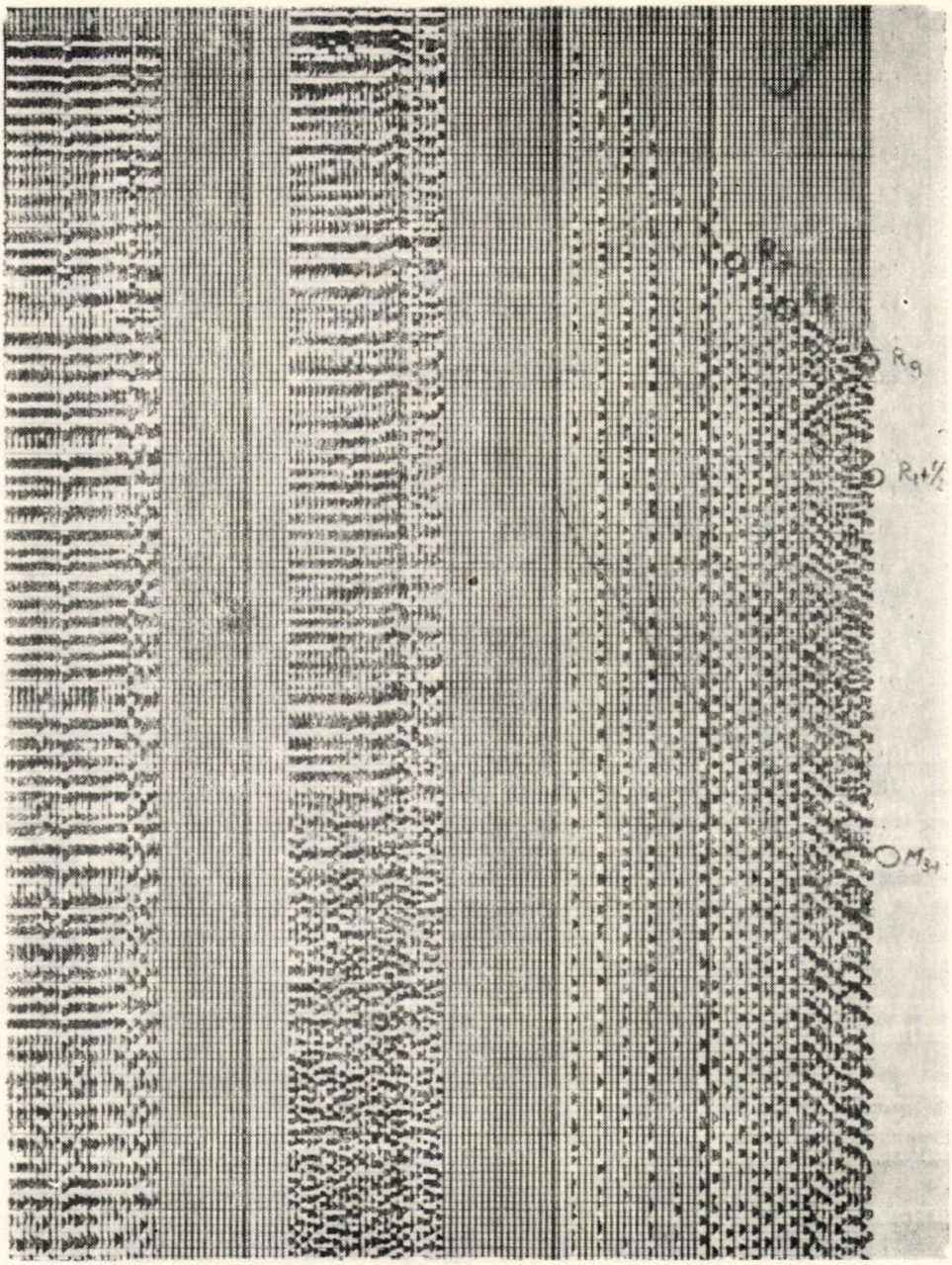
În cele de mai sus am presupus modele geologice simple și am încercat să punem în evidență undele ce ar trebui să



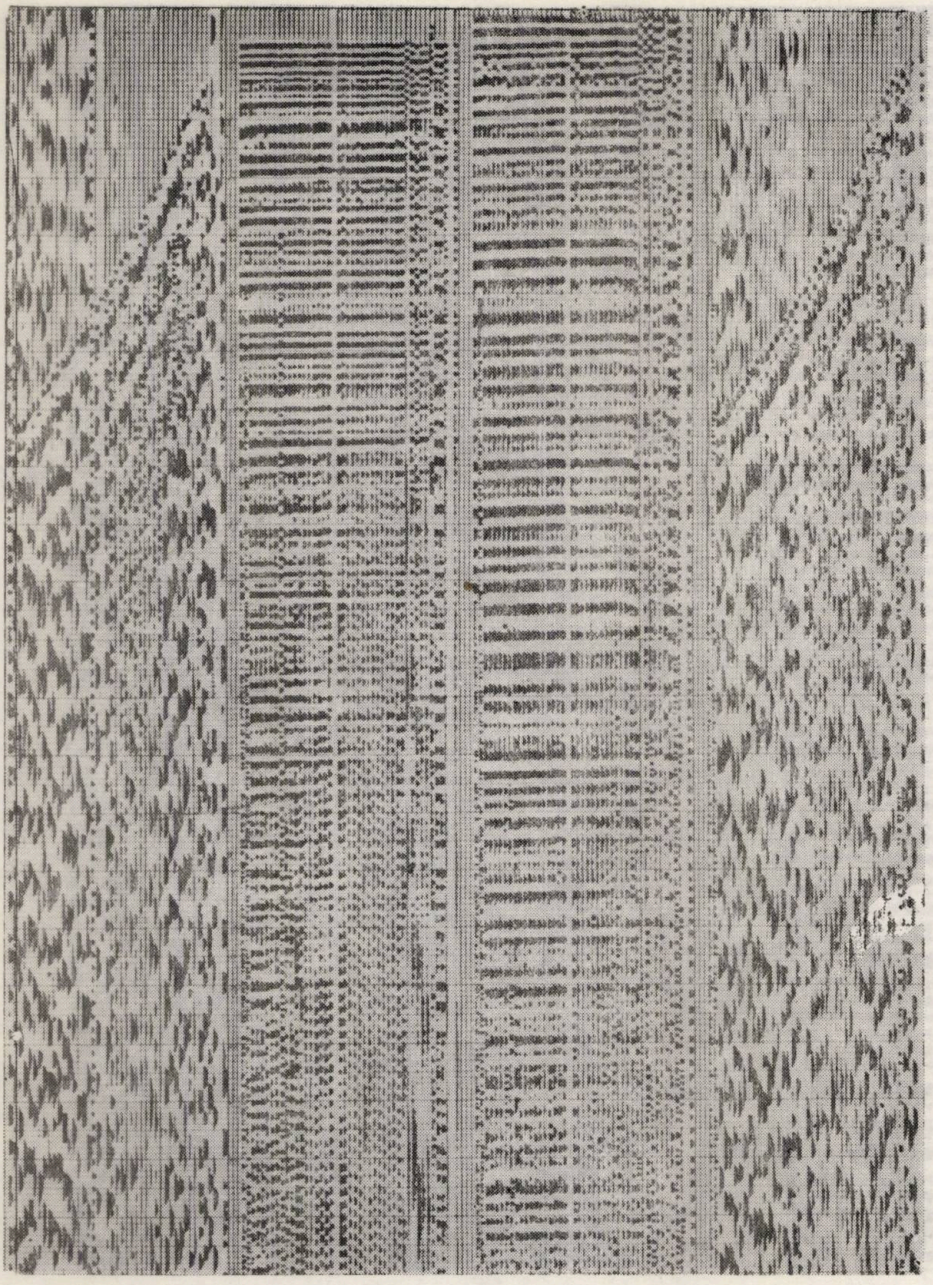
Anexa 2 — Coloană litologică sonda 3240 Coșești.



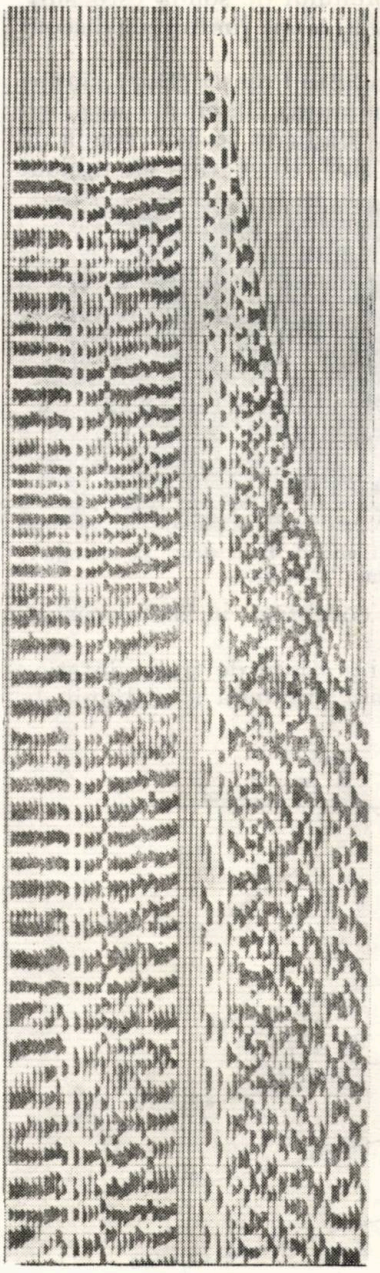
Anexa 3 — Secțiune de timp obținută din înregistrările seismice efectuate cu stația numerică MDS—8 în sonda 3240 Coșești (fără filtru).



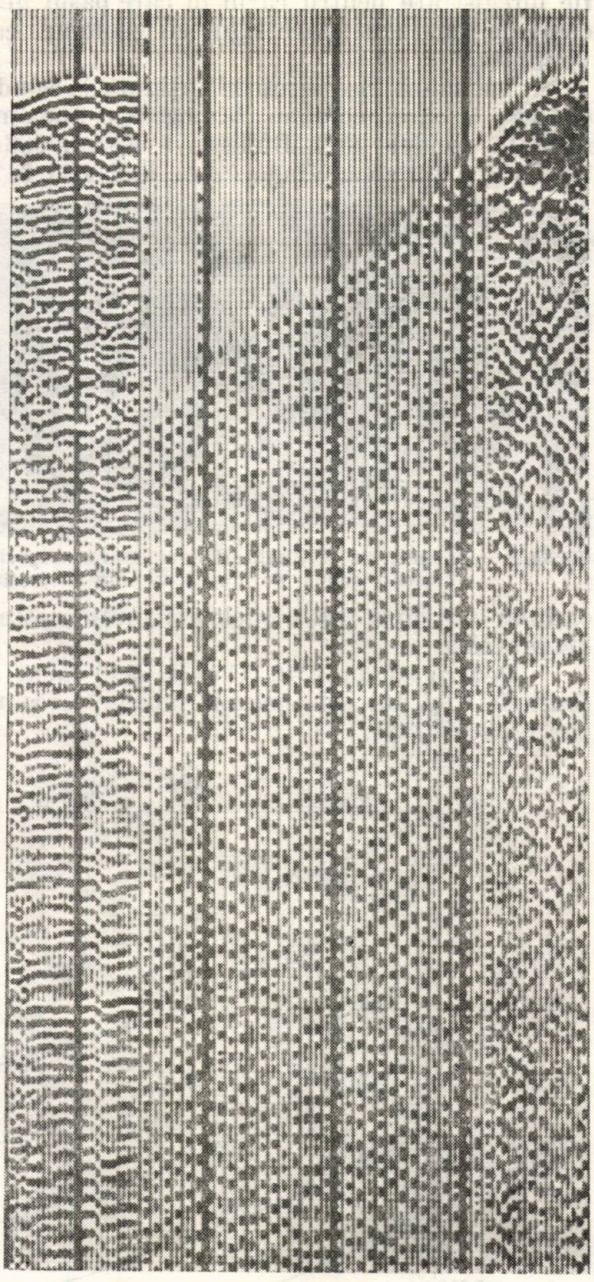
Anexa 4 — Secțiune de timp obținută din înregistrările seismice efectuate cu stația numerică MDS—8 în sonda 3240 Coșești (Filtru 12—45 Hz).



Anexa 5 — Secțiune de timp obținută din înregistrările seismice efectuate cu stația numerică MDS—8 în sonda 4501 — Budești.



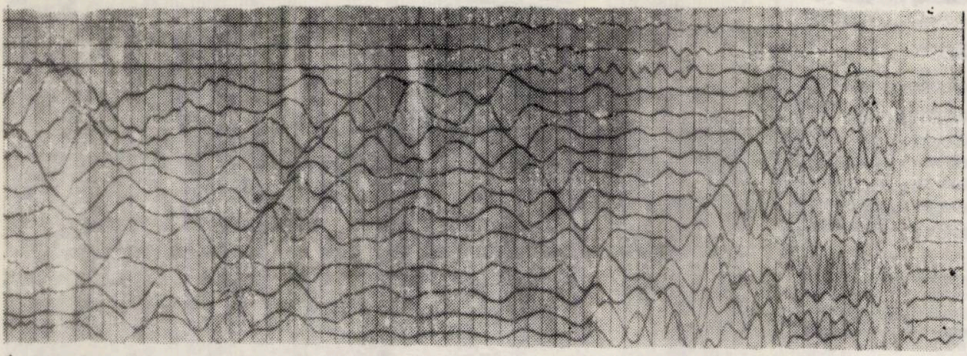
Anexa 6 — Secțiune de timp obținută din înregistrările seismice efectuate cu stația numerică DFS—3 în sonda 6 Foeni.



Anexa 7 — Secțiune de timp, sonda 503 Mădulari (Filtru 12—45).

fie înregistrate pentru cazul în care pasul geofonului de sondă este suficient de fin, încît apare sigur că geofonul cade şi pe limitele de discontinuitate.

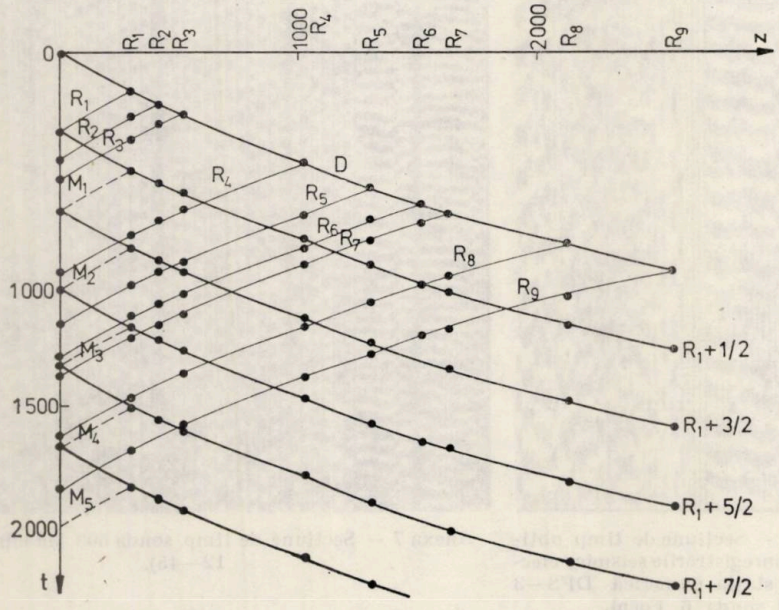
Analizînd înregistrările obţinute la sonda 3240 Coşeşti (Depresiunea Getică), a cărei coloană litologică o anexăm (anexa 2), cît şi cele obţinute la sondele 4501 Budeşti, 6 Foeni, 5034 Mădulari şi la o sondă de împuşcare din zona Vinga (anexele 3, 4, 5, 6, 7 şi 8), constatăm că tabloul



Anexa 8 — Seismogramă obţinută prin amplasarea dispozitivului de înregistrare pe direcţia t, într-o sondă de împuşcare din Depresiunea Panonică.

ondular anticipat de modelele teoretice este confirmat în mare măsură de practică.

Pentru sonda 3240 Coşeşti s-au făcut şi secţiuni de timp sintetice (anexele 9 şi 10) care permit interpretarea mai profundă a secţiunii de timp înregistrate.



Anexa 9 — Secţiune de timp sintetică pe baza cunoaşterii litologiei din sonda 3240 Coşeşti.

Se constată astfel că undele reflectate de la limitele de discontinuitate 7, 8 și 9 au corespondente evidente pe secțiunea de timp înregistrată (anexele 3, 4).

De asemenea se constată existența a numeroase axe de sinfază asemănătoare cu cele date de modele drept unde multiplu reflectate. S-a putut identifica cu siguranță axa de sinfază $R_1 + 1/2$ care ar reprezenta prima reflecție multiplă de la limita 1 și cu aproximație multipla $M_3+1/2$.

Comparația cu înregistrările făcute la suprafață în jurul sondei (anexele 11, 12) confirmă existența interferențelor între reflecțiile reale și multiple și necesitatea aplicării acoperirii multiple în zona pentru atenuarea reflecțiilor multiple.

Pe secțiunile de timp corespunzătoare celorlalte sonde investigate, recunoașterea undelor este mai dificilă în principal din cauza dificultăților tehnice de realizare a înregistrărilor și anume, variația adîncimii de împușcare, variația cantității de exploziv, diverse întreruperi în procesul înregistrării etc.

Colecția de trase rezultată din prelucrarea seismocarotajului sondei 5034 Mădulari, pune în evidență reflecții primare și multiple ce pot fi urmărite în special pe trasele corespunzătoare înregistrărilor efectuate la adîncimi mari (înregistrările efectuate la adîncimi mici sînt de calitate mai slabă).

De asemenea, se poate remarca existența unei hiperbole de difracție cu minimul la cca 1,7 s care sugerează o situație geotectonică complicată.

Din cele arătate mai sus constatăm că înregistrarea undelor seismice avînd dispozitivul de geofoni amplasat pe direcția Z are următoarele avantaje:

1. Permite recunoașterea reflecțiilor reale;
2. Permite recunoașterea anumitor tipuri de reflecții multiple;
3. Permite în unele cazuri punerea în evidență a undelor difractate și determinarea distanței dintre sondă și punctul de difracție.

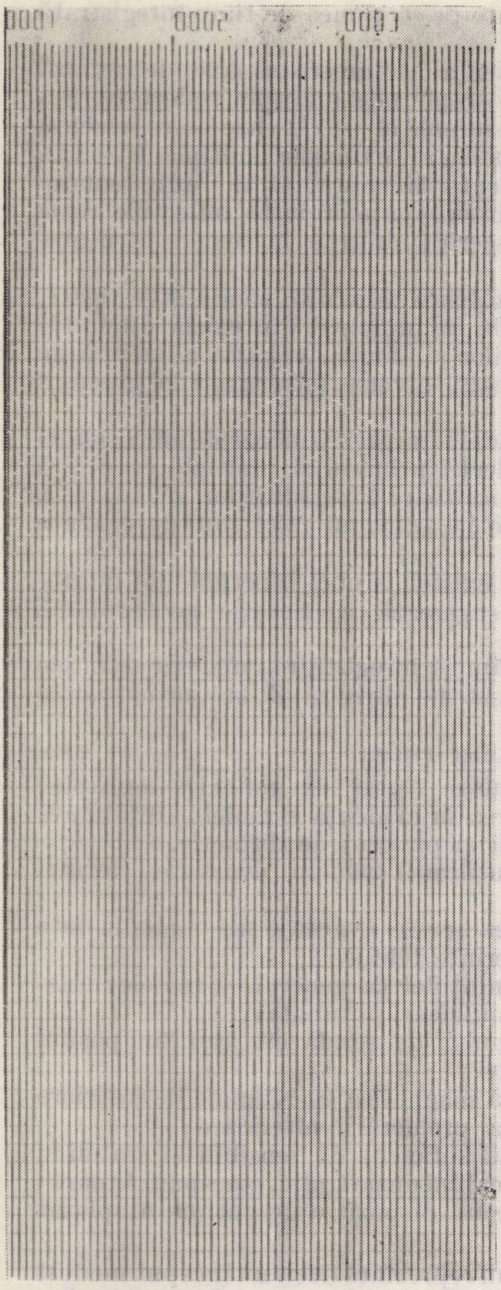
Această posibilitate poate fi utilizată pentru urmărirea formei diapirelor de sare.

Pentru a putea utiliza cu succes aceste avantaje ale metodei este necesar să se respecte următoarele cerințe tehnice:

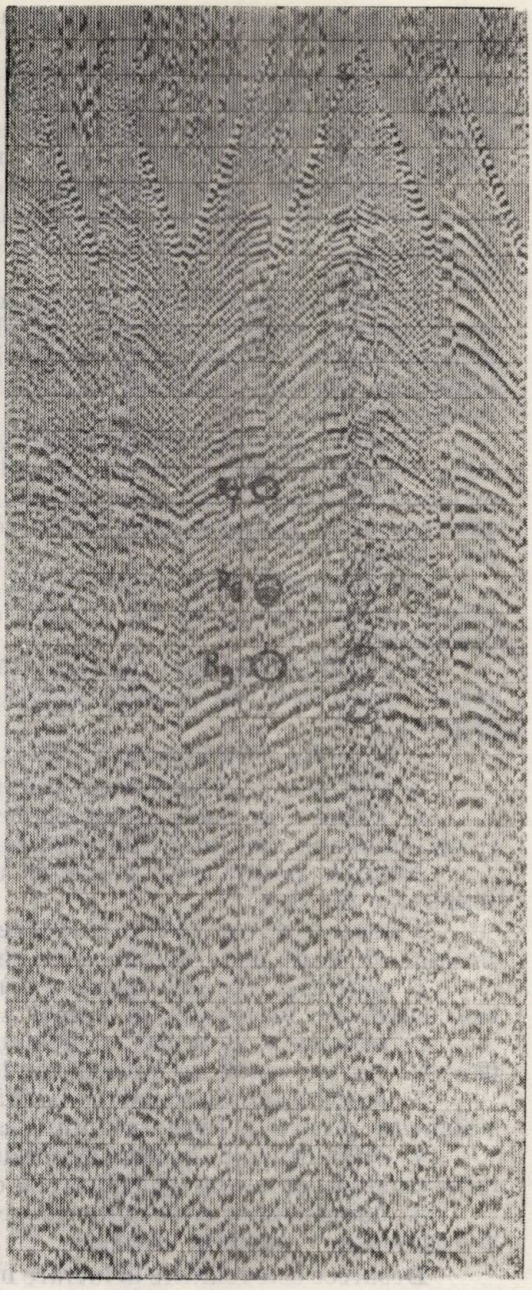
1. păstrarea cît mai exactă a condițiilor de generare a undelor elastice (sonde de împușcare în număr suficient și tubate);
2. realizarea unui pas al geofonului de sondă cît mai fin posibil (25—50 m) pe toată adîncimea sondei;
3. înregistrarea undelor pe bandă magnetică cu lungime de înscriere suficientă pentru a avea posibilitatea prelucrării ulterioare;
4. existența unor geofoni de sondă suficient de sensibili și stabili în lucru cît și a unor carcase și legături cu cablul de pe troliu, corespunză toare;
5. înregistrarea concomitentă pe un dispozitiv de geofoni amplasat la suprafață, a undelor elastice.

Deoarece cele relatate în lucrare nu reprezintă decît un început modest de utilizare a particularităților înregistrării pe direcția Z, considerăm necesar să sugerăm și alte direcții de studiu și anume:

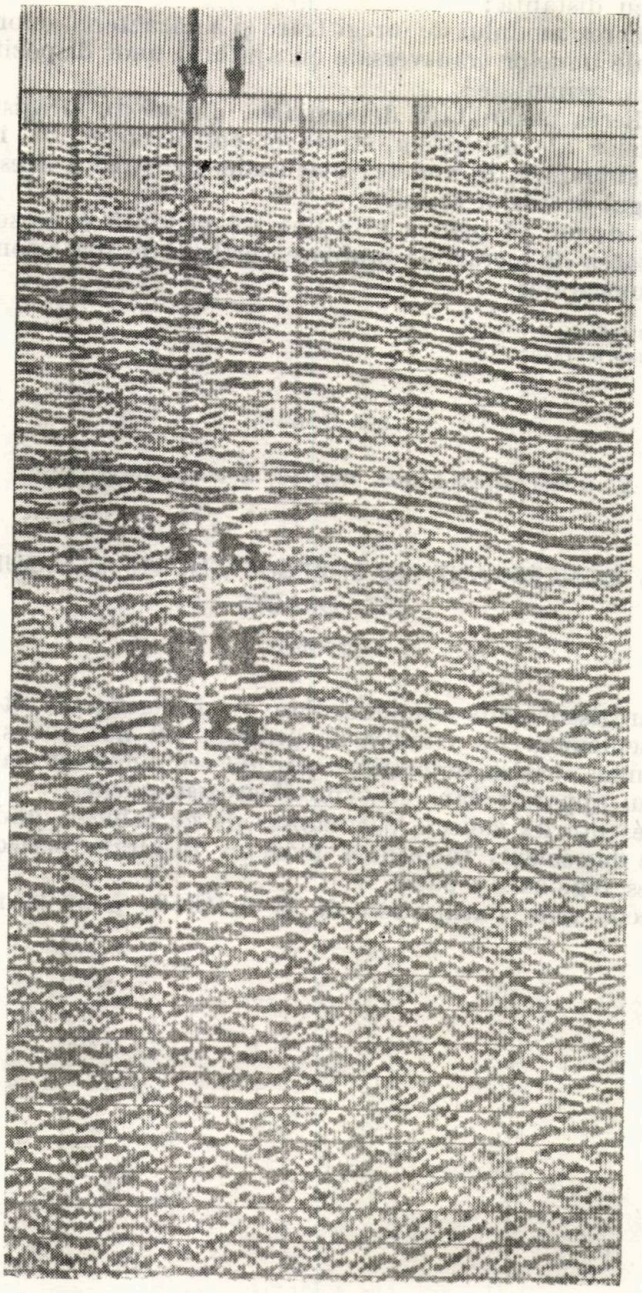
— Studierea variației energiei semnalului diverselor tipuri de unde, cu distanța;



Anexa 10 — Model de secțiune de timp pentru anexa 2.



Anexa 11 — Înregistrări seismice executate la suprafață în jurul sondei 3240 Coșești.



Anexa 12 — Secțiune de timp în zona sondei 3240 Coșești (a.m. XII).

— Studierea variaţiei conţinutului de frecvenţă al semnalului diverselor unde, cu distanţa;

— Studierea modului de înregistrare şi a caracteristicilor cinematice şi dinamice ale undelor transversale cu ajutorul unor dispozitive de geofoni de sondă, azimutale;

— Studierea posibilităţii determinării din aceste înregistrări a proprietăţilor fizice ale diverselor strate şi corelarea lor cu înregistrările efectuate la suprafaţă, în vederea eventualei urmăriri a acestor caracteristici în lungul profilelor seismice.

— Considerăm că pentru ţara noastră prezintă o deosebită importanţă executarea de lucrări de profilare verticală la toate sondele la care se face seismocarotaj.

Primit la redacţie
la 30 ianuarie 1979

BIBLIOGRAFIE

GAMBURŢEV G. A., *Osnovî seismorazvedki*, Moscova, Gostoptehnizdet, 1959.

ASPECTS CONCERNANT LES ENREGISTREMENTS SISMIQUES DANS LES FORAGES

(RÉSUMÉ)

Les enregistrements sismiques dans les forages permettent de déterminer non seulement les vitesses de propagation des ondes acoustiques dans le sol, mais aussi de déterminer, par une technique spéciale, le tableau ondulaire qui apparaît dans ce type d'enregistrement.

On présente les aspects particuliers de ce tableau ondulaire et la concordance des calculs théoriques avec les résultats pratiques obtenus dans diverses régions du pays.

On recomande l'utilisation de la méthode pour la majorité des forages.

ESTIMAREA EFECTULUI DE RELIEF MANIFESTAT ÎN PROSPECȚIUNEA AERO-SPECTROMETRICĂ GAMMA

DE

FL. RĂDULESCU

Institutul de geologie și geofizică, str. Caransebeș nr 1, București

INTRODUCERE

Primele măsurători aero-spectrometrice s-au efectuat în țara noastră începînd cu anul 1971, lucrări inițiate în cadrul Laboratorului de Radiometrie al Institutului de Geofizică Aplicată și continuate din anul 1974 în cadrul Laboratorului de Radiometrie și Geologie Nucleară al Institutului de Geologie și Geofizică.

Deoarece zonele prospectate aero-spectrometric sînt situate în zone muntoase cu nn relief foarte accidentat (M-ții Făgăraș, Masivul Ditrău, M-ții Metaliferi), zone în care executarea profilelor se realizează pe văi și creste (dealuri), rezultatele obținute, concretizate în hărți ale componentelor U, Th, K și GAMMA TOT., poartă amprenta puternică a reliefului. În aceste condiții, cîmpul radioactiv apare fragmentat, orientat după direcția principalelor forme de relief. Corelația cîmpului radioactiv cu topografia conduce atît la pierderea unor eventuale zone interesante, evidențiind în același timp zone neinteresante, cît și la diminuarea corelației care ar trebui să existe între acesta și formațiunile geologice.

Lucrarea de față își propune elaborarea unei metode de estimare a influenței reliefului care se manifestă în hărțile aero-spectrometrice, astfel încît pe materialul final obținut să se poată realiza o interpretare geologică corectă.

CONSIDERAȚII TEORETICE

Dacă considerăm o suprafață $z = z(x, y)$ pe care concentrația unui anumit radioizotop este uniform distribuită și pentru care orice element de suprafață dS va produce un (I_0) — număr de cuante gamma pe unitatea de timp (fig. 1), atunci numărul de cuante gamma obținut de pe întreag suprafață va fi descris de o relație analitică de forma:

$$I_h = I_0 \iint_z \exp(-\mu R)\, d\Omega, \tag{1}$$

unde: I_h — viteza de numărare la înălțimea h, I_0 — viteza de numărare la sol, R — distanța de la detector la elementul de suprafață, μ — coeficientul liniar de absorbție, $d\Omega$ — elementul de unghi solid.

ST. CERC. GEOL., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 2, P. 265–272, BUCUREȘTI, 1979

Rescrisă explicit, relaţia (1) devine:

$$I_h = I_0 \iint_z \cos\alpha \frac{\exp(-\mu R)}{R^2} \sqrt{1 + p^2 + q^2}\, dx\, dy \qquad (2)$$

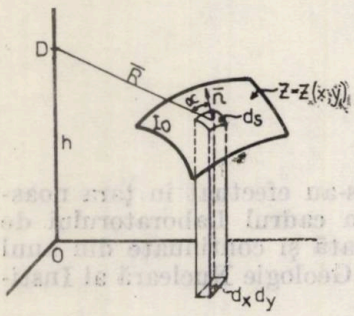


Fig. 1 — Parametrii geometrici ai suprafeţei z utilizaţi în calculul integralei (1).

unde: p, q — derivatele suprafeţei z după cele două direcţii (x, y), α — unghiul dintre R şi normala la suprafaţa z.

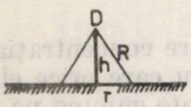
Din relaţia (1) se observă că $F = \iint_z \exp(-\mu R)\, d\Omega$ este funcţie de forma suprafeţei z (pentru un μ constant). Acest lucru ne conduce la ideea că dacă reuşim să evaluăm această funcţie pentru un anumit relief dat vom obţine valoarea vitezei de numărare la sol, deci valori neinfluenţate de forma reliefului.

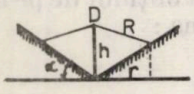
În vederea rezolvării problemei propuse vom considera principalele forme de relief (dealuri, văi, platouri) aproximate de intersecţia a două suprafeţe plane cu înclinări variabile (fig. 2).

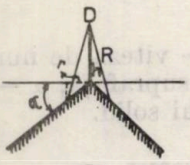
Cazul cel mai simplu pe care îl abordăm (care există în realitate) este acela al unei suprafeţe plane cu o extindere suficient de mare pe cele două direcţii (x, y), pe care concentraţia unui anumit radioizotop este uniform distribuită.

Considerînd că în orice punct de pe suprafaţă viteza de numărare va fi I_0 (fig. 3), conform relaţiei (2) problema poate fi dezvoltată astfel:

$$I_h = I_0\, h \iint_P \frac{\exp(-\mu \sqrt{x^2 + y^2 + h^2})}{(x^2 + y^2 + h^2)^{3/2}}\, dx\, dy. \qquad (3)$$

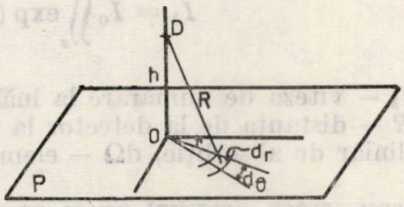






←Fig. 2 — Aproximarea principalelor forme de relief.
a) suprafaţă plană; b) vale; c) deal

↓Fig. 3 — Parametrii geometrici ai unei suprafeţe plane inifinit extinse, utilizaţi în calculul integralei (4).



Trecînd la coordonate polare, relaţia (3) devine:

$$I_h = I_0 h \int_0^{\infty}\int_0^{2\pi} \frac{\exp\left(-\mu\sqrt{h^2+r^2}\right)}{(h^2+r^2)^{3/2}} r\,dr\,d\theta. \qquad (4)$$

Efectuînd integrala după r şi θ se obţine următoarea formă finală:

$$I_h = 2\pi I_0 \left[\exp(-\mu h) + \mu h\left(C + \ln \mu h + \sum_{k=1}^{p}(-1)^k \frac{(\mu h)^k}{k \times k!}\right)\right], \qquad (5)$$

unde $C = .5772157\ldots.$ — constanta Euler.

După cum se observă, în cazul cel mai simplu valoarea funcţiei F se poate calcula relativ uşor. În cazul unei forme mai complicate, cum ar fi intersecţia a două suprafeţe plane, relaţia (2) nu mai are o formă explicită. În această situaţie calculul funcţiei F l-am realizat pe cale numerică. Am obţinut astfel valorile funcţiei F pentru o serie de cazuri [1].

În tabela 1 sînt date valorile calculate ale funcţiei F în raport cu unghiul de înclinare al suprafeţelor plane ($h = 50$ m) şi pentru diverse raze (r) ale suprafeţei pe care s-a efectuat integrarea.

Tabela 1

Valorile funcţiei F

α / r(m)	Deal			Plan	Vale		
	−60°	−40°	−20°	0°	20°	40°	60°
56	.0612	.1121	.1641	.2280	.3263	.5222	.8387
112	.1038	.1867	.2753	.3842	.5375	.7699	1.0097
169	.1083	.2003	.3009	.4231	.5859	.8111	1.0261
225	.1092	.2042	.3094	.4361	.6006	.8213	1.0287
282	.1094	.2055	.3126	.4413	.6061	.8246	1.0293
338	.1094	.2060	.3140	.4435	.6084	.8258	1.0295
394	.1095	.2063	.3147	.4447	.6095	.8262	1.0295

Verificarea practică a modelului am efectuat-o în cazul unei suprafeţe plane. Dispunînd de măsurători pe verticală am comparat valorile practice cu cele teoretice. Din tabelul 2 se poate observa gradul în care relaţia (1) aproximează efectul real precum şi foarte buna aproximare a integralei teoretice (5) de integrala numerică.

Înainte de a trece la aplicarea concretă a metodei de eliminare a influenţei reliefului într-un caz real, trebuie să facem cîteva consideraţii asupra celor două ipoteze folosite.

Presupunerea că principalele forme de relief pot fi aproximate cu forme obţinute din intersecţia a două suprafeţe plane nu reduce cu nimic gradul de generalitate al problemei. Această afirmaţie este evidentă dacă

[1] Toate exemplele expuse în această lucrare sînt date pentru un coeficient de absorbţie liniar de $.65 \times 10^{-2}$ m^{-1} caracteristic radioizotopului K^{40}.

privim cu atenţie o hartă topografică. Deoarece integrala (2) se poate calcula pentru orice suprafaţă (folosind calculatorul electronic), aplicarea practică a metodei nu va face apel la modelul teoretic descris. Folosirea

Tabela 2

Valorile funcţiei F pentru diverse înălţimi (h) în cazul unei suprafeţe plane

$h(m)$	Măsurat	Teoretic	
		a	b
0	1.000	1.000	1.000
50	.450	.447	.444
100	.210	.254	.253
150	.150	.154	.150
200	.090	.096	.093

a — folosind relaţia (5)

b — integrare numerică cu relaţia (2)

lui a fost necesară pentru a putea pune în evidenţă faptul că relaţia (1) descrie exact fenomenul real şi pentru a trage o serie de concluzii asupra metodei numerice de integrare ce urmează a fi folosită.

A doua ipoteză folosită şi anume, considerarea unei distribuţii uniforme a radioactivităţii în zona pe care urmează să se efectueze eliminarea influenţei reliefului, poate naşte cîteva întrebări. Este util ca această problemă să fie mai pe larg dezbătută în aşa fel încît să punem în evidenţă faptul că folosirea acesteia nu afectează rezultatul final.

În cazul unei suprafeţe S_0 (fig. 4) între viteza de numărare la înălţimea h şi viteza de numărare la sol există relaţia :

$$I_h = I_0 F_0 + I_1 F_1, \tag{6}$$

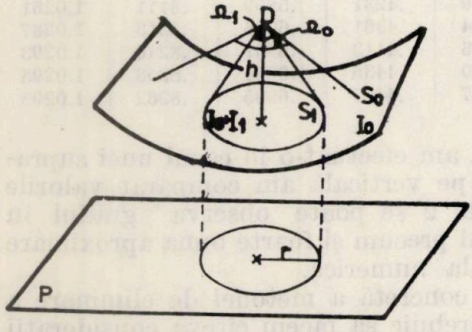


Fig. 4 — Parametrii geometrici necesari calculării raportului funcţiilor (F_1, F_0) de influenţă a suprafeţelor S_1 şi S_0.

unde : I_0 — viteza de numărare pe suprafaţa S_0, F_0—funcţia de influenţă a suprafeţei S_0, I_1 — viteza de numărare pe suprafaţa S_1, F_1 — funcţia de influenţă a suprafeţei S_1.

Aplicînd metoda de eliminare a influenţei reliefului, valoarea finală va fi :

$$I = I_0 + I_1 \frac{F_1}{F_0} \tag{7}$$

Din relaţia (7) se observă că valoarea calculată reprezintă valoarea la sol aşa cum am presupus, numai în cazul în care raportul F_1/F_0 este 1.

Ne propunem să calculăm acest raport în diverse situaţii. Considerînd proiecţia pe un plan orizontal a suprafeţei S_1 ca fiind circulară (fig. 4), pe baza tabelei 1 am calculat raportul F_1/F_0 în funcţie de raza srpra-

feței S_1 și a unghiului de înclinare al modelului. Din rezultatele obținute, sintetizate în tabela 3, se pot trage următoarele concluzii:

1. Pentru zone circulare cu raza mai mare de 150 m, raportul F_1/F_0 este practic 1, fapt normal dacă ținem cont că 95% din cantitatea totală de radiații înregistrată de detector provine de la o suprafață circulară cu raza aproximativ 150 m (pentru o înălțime de zbor de 50 m).

Tabela 3

Valorile raportului F_1/F_0

$r(m)$ \ α	Deal			Plan	Vale		
	−60°	−40°	−20°	0°	20°	40°	60°
56	.559	.543	.521	.513	.535	.632	.815
112	.948	.905	.875	.864	.882	.931	.981
169	.989	.970	.956	.951	.961	.982	.997
225	.997	.989	.983	.981	.985	.994	.998
282	.999	.996	.993	.992	.994	.998	.999
338	.999	.999	.998	.997	.998	.999	.999
394	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

2. Pentru zone cu rază mai mică de 150 m acest raport scade destul de mult (funcție de raza zonei) dar rămîne aproximativ constant pentru orice formă de relief. În aceste condiții raportul considerat nu mai reprezintă o funcție de relief ci un coeficient de ponderare funcție de dimensiunea suprafeței S_1.

REZULTATE EXPERIMENTALE

Aplicarea într-un caz real a metodei expuse am efectuat-o pe o zonă bine cunoscută din punct de vedere geologic și acoperită parțial de măsurători radiometrice (în rețea) la sol. Perimetrul folosit pentru exemplificare ocupă o suprafață de 25 km².

Pe baza hărții topografice (fig. 5) folosind relația (2) s-au calculat coeficienții de corecție corespunzători (fig. 6). Aceștia au fost aplicați hărții aero-spectrometrice brute (fig. 7) obținîndu-se în final harta aero-spectrometrică neinfluențată de relief (fig. 8).

Diferența dintre cele două hărți este evidentă. În timp ce pe harta neprelucrată izoliniile mulează perfect formele de relief, acestea fiind orientate preferențial N—S (identic orientării reliefului), pe harta aero-spectrometrică prelucrată acest lucru nu se mai întîmplă, izoliniile în acest caz orientîndu-se după o direcție aproximativ E—W (identic dezvoltării formațiunilor geologice din zonă).

Deoarece în regiunea studiată zonele de interes sînt zonele de alterare hidrotermală, era de așteptat ca harta aero obținută să le evidențieze. După cum se observă, din cauza reliefului accidentat al regiunii, acest lucru nu se întîmplă.

Fig. 5 — Harta topografică (sc : 1/50.000) + deal ; — vale

Fig. 6 — Harta coeficienților de corecție ($C = 1/F$).

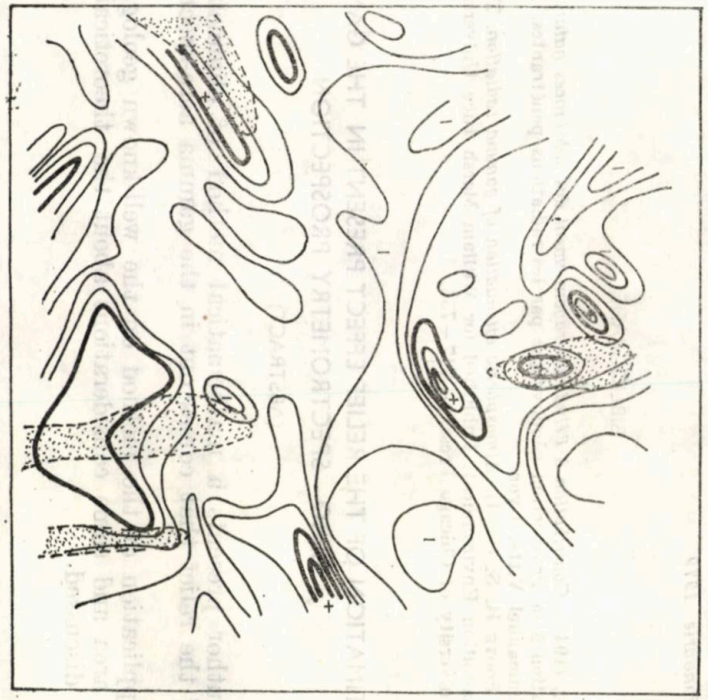


Fig. 7 — Harta aero-spectrometrică (^{40}K) cu influenţa reliefului (sc : 1/50.000, $h = 50$ m) ... zone de alterare hidrotermală.

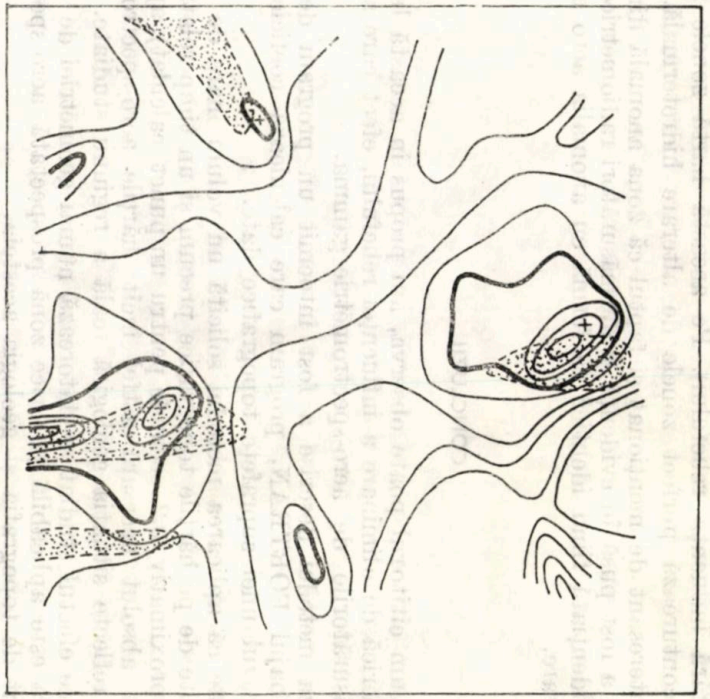


Fig. 8 — Harta aero-spectrometrică (^{40}K) fără influenţa reliefului (sc : 1/50.000, $h = 50$ m) ... zone de alterare hidrotermală.

Lucrurile se schimbă esenţial în cazul hărţii aero-spectrometrice prelucrate (fără influenţa reliefului). Pe această hartă zonele anomale evidenţiate conturează perfect zonele de alterare hidrotermală.

Este interesant de menţionat şi faptul că zona anomală din SW-ul perimetrului a fost pusă în evidenţă şi de măsurători radiometrice la sol, anomalia evidenţiată fiind identică ca formă cu anomalia aero obţinută după prelucrare.

CONCLUZII

După cum cititorul poate observa, am propus în această lucrare o metodă numerică de eliminare a influenţei reliefului, efect care se manifestă în măsurătorile de aero-spectrometrie gamma.

Pe baza metodei descrise a fost întocmit un program de calcul scris în limbajul FORTRAN, program care calculează coeficienţii de corecţie în cazul unei suprafeţe topografice date.

Cu toate că aplicarea metodei solicită un volum mare de date ce trebuiesc citite de pe hărţile topografice precum şi un timp relativ mare de calcul (aproximativ 0.2 secunde pentru un punct calculat), aplicarea metodei este absolut necesară astfel încît hărţile aero-spectrometrice obţinute să reflecte situaţia geologică reală a regiunii studiate.

Deoarece efectul studiat se datorează numai geometriei de înregistrare, metoda este aplicabilă pe orice zonă prospectată aero-spectrometric indiferent de topografia şi geologia acesteia.

Primit la redacţie
la 30 ianuarie 1979

BIBLIOGRAFIE

MILCOVEANU D., (1941), *Contribution à l'étude du rayonnement des substances naturelles.* Application à la Prospection géophysique par les radiations pénétrantes. Imprimerie Emmanuel Vitte, Lyon.

PURVIS A. E., FOOTE R. S. (1964), *Atmospheric attenuation of gamma radiation.* The natural Radiation Environment. Published for William Marsh Rice University by the University of Chicago Press, p. 747–756.

THE ESTIMATION OF THE RELIEF EFFECT PRESENT IN THE GAMMA AERO–SPECTROMETRY PROSPECTION

(ABSTRACT)

The author presents a mathematical method of eliminating the influence of the relief that comes out in the gamma aero-spectrometry measures.

The application of the method on the well-known geological and geophysical area and some considerations about the theoretical models in use, are discussed.

METODA DE ATENUARE GAMMA PENTRU DETERMINAREA CANTITATIVĂ A PLUMBULUI DIN MINEREURI COMPLEXE ŞI PRODUSE DE FLOTAŢIE ALE ACESTORA

DE

MĂRGĂRIT DUICU, LIVIU FLORIAN POP, ALUNA ZUGRĂVESCU

Institutul de geologie şi geofizică, str. Caransebeş nr. 1, Bucureşti

1. INTRODUCERE

Analizarea chimică pentru plumb a probelor de minereuri complexe şi a probelor uzinelor de preparare implică adesea un considerabil decalaj temporal faţă de momentul recoltării. Pentru a micşora acest decalaj, ne-am propus să utilizăm fenomenele de transport ale radiaţiilor gama. Studiindu-se procesele de interacţiune ale acestor radiaţii cu electronii atomului (în special absorţia fotoelectrică şi dispersia Compton incoerentă), s-a pus în final la punct o metodă combinată de atenuare prin absorbţie-dispersie, utilizîndu-se o geometrie de transmisie colimată a fascicolului gama incident.

2. PRINCIPIUL METODEI

Deoarece prin atenuarea fascicolului de radiaţii gama incident se înţelege suma pierderilor de fotoni din fascicol, produsă atît prin absorbţie cît şi prin împrăştiere, capacitatea unui mediu de a atenua radiaţiile gama este caracterizată prin următoarele mărimi (I. A. Czubek 1968, 1969; G. B. Varvarin 1966, 1972; V. A. Artibaşev 1961, L. F. Pop 1975[1]):

— coeficientul liniar de absorbţie fotoelectrică $\tau_f\ (E_\gamma)$
— coeficientul liniar de împrăştiere Compton $\tau_c(E_\gamma)$
— coeficientul de atenuare liniară $\tau(E\gamma)$

$$\tau_f(E_\gamma) = \rho \cdot A_0 \cdot \frac{g}{X^p} \cdot \frac{Z^m}{A} \tag{1}$$

$$\tau_c(E_\gamma) = \eta_c \cdot \sigma(X^p) = \rho \cdot A_0 \cdot \sigma_c(\mathcal{H}) \cdot \frac{Z}{A} \tag{2}$$

$$\tau(E_\gamma) = \tau_f(E_\gamma) + \tau_c(E_\gamma); \tag{3}$$

[1]) L. F. Pop 1975, Arhiva I.G.G. Bucureşti.

unde

E_γ = energia cuantei gama incidente, în MeV;

$X = \frac{E}{m_0 c^2} = \frac{E}{0{,}511} \approx 2E_\gamma$ = energia radiaţiilor gama, în unităţi relative $(1/m_0 c^2)$;

m_0 = masa în repaus a electronului; c = viteza luminii;

$m_0 c^2 = 0{,}511$ MeV = energia potenţială a electronului în repaus;

$\sigma_c(X)$ = secţiunea totală de interacţiune Compton;

$\eta_c = \frac{A_0}{A} \cdot Z$ = densitatea de electroni a mediului;

Z = numărul de ordine al atomilor mediului;

A = greutatea atomică a atomilor mediului;

A_0 = numărul lui Avogadro;

ρ = densitatea mediului;

g = constantă de proporţionalitate;

m = parametru care depinde de energie şi ia valori de 4—5;

p = coeficient care depinde de energie (pentru $X<0{,}1$ KeV, $p \approx 3$, iar pentru $X<1$, $p \to 1$).

Rocile şi minereurile fiind medii cu o compoziţie complexă, este necesar ca în calcularea coeficienţilor de atenuare să se ţină seama de ponderea fiecărui element. În acest caz mărimile Z şi A se înlocuiesc prin Z_{ef} şi A_{ef} (număr de ordine efectiv, respectiv greutate atomică efectivă); unii autori folosesc într-o accepţiune apropiată noţiunile de numere atomice echivalente (J. A. Czubek 1968, 1969). Notînd cu G_i ponderea în greutate a unui element i în proba cu n componente, se poate scrie o valoare medie a raportului Z/A pentru mediul considerat:

$$\bar{\beta} = \sum_{i=1}^{n} G_i \cdot \frac{Z_i}{A_i} = \sum_{i=1}^{n} G_i \cdot \beta_i \tag{4}$$

Spre exemplu pentru apă $\bar{\beta} = 0{,}555$, pentru roci care au în compoziţie elemente uşoare (cu $Z \leqslant 20$) $\bar{\beta} = 0{,}50$ iar pentru minerale grele β scade la 0,47—0,40 (L. F. Pop, 1975[1]). Pentru $E_\gamma > U_k$ (unde U_k este energia necesară scoaterii unui electron de pe nivelul k):

$$Z_{ef} = \sqrt[m-1]{\frac{1}{\beta} \sum_{i=1}^{n} G_i \cdot \beta_i \cdot Z_i^{m-1}}. \tag{5}$$

Cum $\beta_i \approx \bar{\beta} \approx 0{,}5$ pentru majoritatea rocilor, iar $m = 4$ pentru energii în jur de 0,1 MeV, se poate scrie:

$$Z_{ef} = \sqrt[m-1]{\sum_{i=1}^{n} G_i Z_i^3} \tag{6}$$

iar pentru energii în jur de 1 MeV, unde $m \approx 4{,}5$:

$$Z_{ef} = \sqrt[3,5]{\sum_{i=1}^{n} G_i \cdot Z_i^{3,5}}. \tag{7}$$

De asemenea :

$$A_{ef} = \frac{Z_{ef}}{\beta} \tag{8}$$

În practică se utilizează mai ales coeficienţii de atenuare masică (coeficienţi de atenuare liniari raportaţi la densitatea mediului) :

$$\mu(E_\gamma) = \frac{\tau(E_\gamma)}{\rho} \tag{9}$$

exprimaţi adesea (pentru a compara medii diferite) şi sub forma :

$$\mu'(E_\gamma) = \frac{\mu(E_\gamma)}{\alpha_\gamma}, \text{ unde } \alpha_\gamma = 2\bar{\beta} \tag{10}$$

Pentru energii de $0{,}2 \div 1$ MeV efectul Compton este predominat, iar atenuarea depinde în principal de densitate (nefiind deci influenţată de compoziţia chimică a mediului investigat). Deci folosind în măsurători surse cu emisie în acest domeniu şi filtrînd corespunzător radiaţiile multiplu împrăştiate de joasă energie, se vor obţine informaţii asupra densităţii. În practică se folosesc surse de 60 Co (cu energie de 1,17 şi 1,33 MeV) iar filtrajul radiaţiilor moi se realizează prin ecranarea detectorului cu plăci de oţel de 6-10 mm grosime. Vitezele de numărare înregistrate scad în sensul creşterii densităţii.

În domeniul energiilor sub 0,06-0,08 MeV efectul fotoelectric este predominant şi atenuarea totală depinde în primul rînd de variaţia coeficientului de absorbţie fotoelectric. În acest domeniu atenuarea fotonilor gama „moi" ce străbat mediul investigat va depinde în principal de variaţia compoziţiei chimice a mediului, deci de variaţia mărimii Z_{ef}. Folosind surse emiţătoare de fotoni de joasă energie şi detectori corespunzători, vitezele de numărare înregistrate vor scădea cu creşterea lui Z_{ef} (figura 1). Analizînd formula (5) se observă că un mic adaos de element cu Z mare, într-un amestec, modifică puternic Z_{ef}-ul amestecului. Astfel, doar 1% Pb într-o gresie cuarţoasă cu $Z_{ef} = 11{,}6$, produce o creştere a Z_{ef}-ului amestecului la 18 (cu peste 50%), fără ca densitatea să se modifice semnificativ.

Descrierea procesului de transport şi exprimarea matematică a legăturii între răspunsul detectorului şi variaţia parametrilor ρ şi Z_{ef} ai mediului au fost încercate de diverşi autori în diverse ipoteze simplificatoare, majoritatea pornind de la ecuaţia lui Boltzman din cinetica gazelor (O. S. Marenkov 1968, E. M. Filipov 1962, S. A. Guberman 1961, 1962, 1966, V. Marghitu 1972, etc.), numită şi ecuaţia de transport ; alţii au folosit teoria difuziei (V. K. Diatkin 1964, G. M. Voskoboinikov 1969,

E. M. Fillipov 1962), sau teoria aproximării radiale (E. M. Fillipov 1962), sau au abordat ipoteza radiaţiei împrăştiate o singură dată (E. M. Filipov 1962, G. B. Varvarin 1966, 1972).

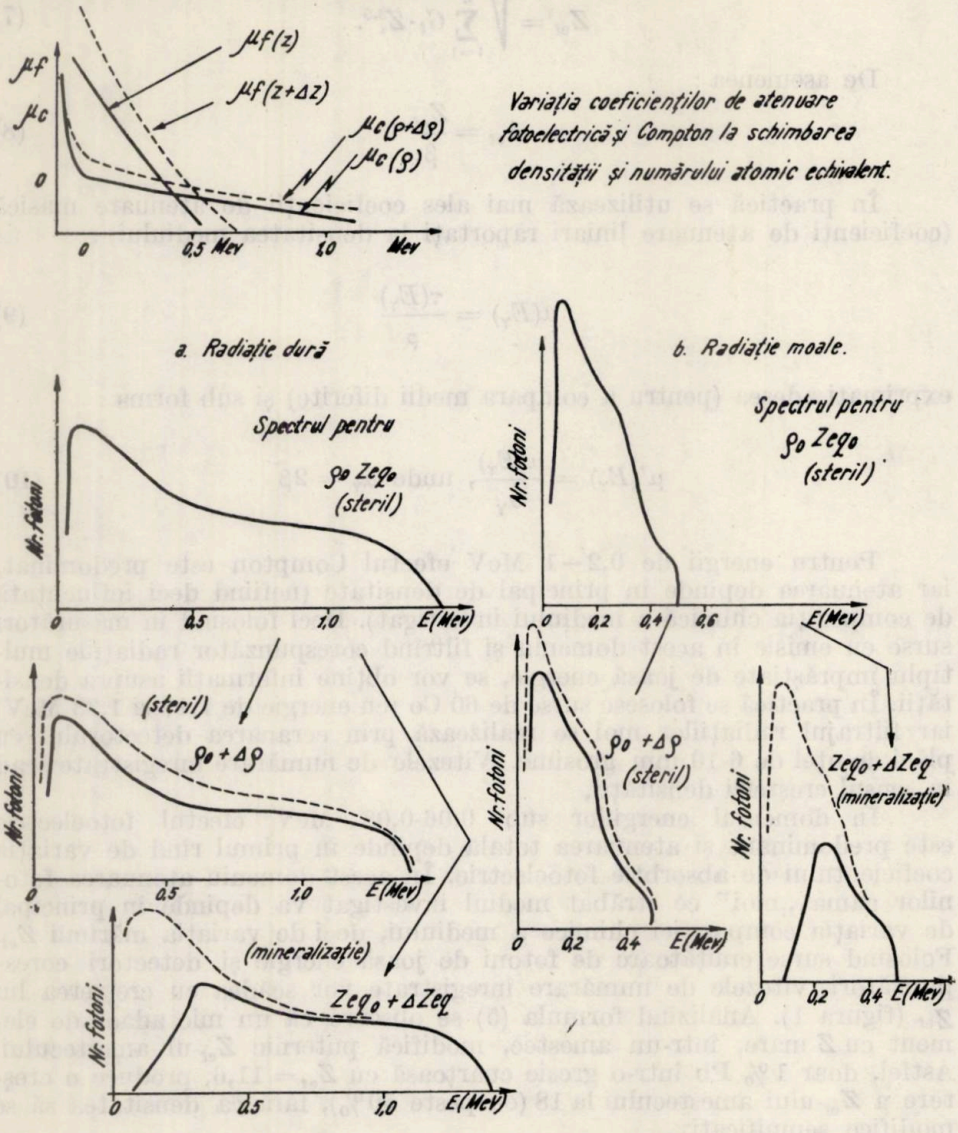


Fig. 1 — Schiţa reprezentativă a modificărilor pe care le suferă spectrul radiaţiilor împrăştiate provenite de la o sursă de radiaţii dure (1,4 Mev) şi de la o sursă de radiaţii moi (0,5 Mev) la schimbări de densitate (ρ) şi (Z_{eq}).

Pe baza tuturor acestor teorii s-au încercat diverse soluţii pentru rezolvarea problemei directe în carotajul gama — gama : determinarea răspunsului unei instalaţii radiometrice de măsurare în condiţiile recepţionării unro radiaţii împrăştiate provenite de la o anumită sursă şi în

anumite condiţii de mediu. Autorii prezentei lucrări au pus la punct în anii anteriori o metodă de carotaj gama-gama menită să permită evaluări cantitative de element greu util chiar în cazul acţiunii unor factori perturbanţi puternici-variaţii importante de densitate sau de Z_{ef} nelegate de elementul util (E. Bratasanu, L. F. Pop 1974, L. F. Pop 1975, L.F. Pop, M. Duicu 1976, M. Duicu 1978[2]). Baza teoretică a acestei metode de carotaj a fost adaptată şi pentru fundamentarea metodei de atenuare prin absorbţie — dispersie gama (M. Duicu, L. F. Pop, Aluna Zugrăvescu — 1977[2]), metodă utilizată pentru determinarea conţinuturilor în elemente grele pe minereuri şi produse de flotaţie şi care constituie obiectul prezentei lucrări.

S-au utilizat fascicole înguste de radiaţii, dublu colimate (înainte şi după parcurgerea mediului atenuator) figura 2. Pentru asemenea geometrii de transmisie relaţia de variaţie (după V. Marghitu 1977) este :

$$N = N_0 \cdot e^{-\mu(E_\gamma)\cdot\rho\cdot x} \tag{11}$$

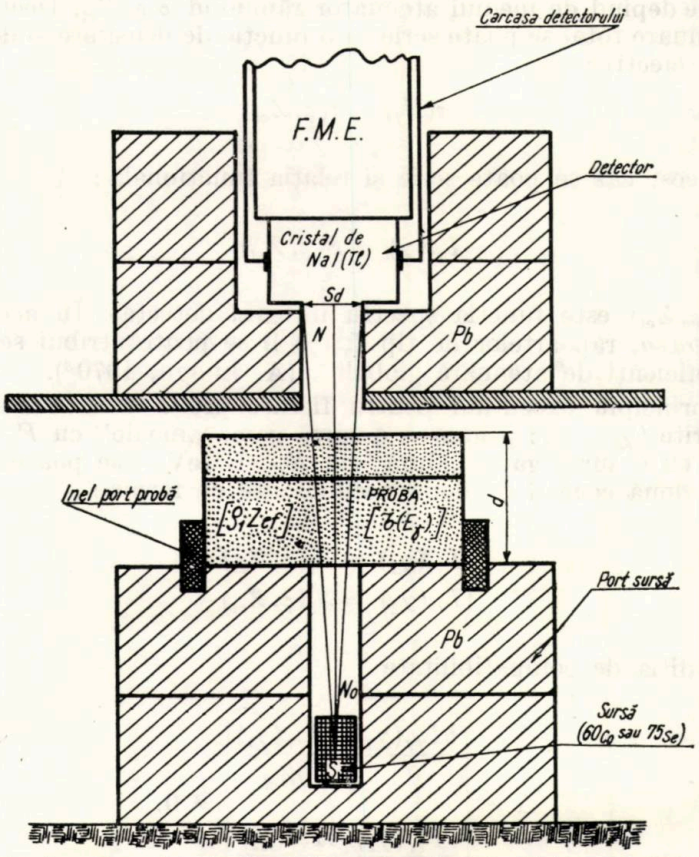


Fig. 2 — Geometria de transmisie colimată utilizată în metoda atenuării prin absorbţie-dispersie gama-gama (simplificat după instalaţia POP L. F).

[2] Lucrări în arhiva I.G.G.

unde : N_0 = intensitatea fascicolului de radiaţii detectat în lipsa mediului atenuator ; N = intensitatea fascicolului de radiaţii detectat după străbaterea mediului atenuator ; x = grosimea mediului atenuator.

Logaritmînd se obţine :

$$\ln \frac{N_0}{N} = \tau(E_\gamma) \cdot x. \tag{12}$$

Deoarece prin geometria aleasă x = ct iar mărimile N_0 şi N sînt direct accesibile măsurătorii, se poate lucra direct cu rapoarte de tipul $I_{\gamma\gamma}(\chi) = \frac{N_0}{N}$, mărimea acestor rapoarte depinzînd doar de variaţiile coeficientului total de atenuare $\tau(E_\gamma)$. Pentru o sursă dată, majoritatea parametrilor din relaţiile (1)—(8) pot fi consideraţi constanţi, singurele variabile ce depind de mediul atenuator rămînînd ρ şi Z_{ef}. Deci coeficientul de atenuare total se poate scrie ca o funcţie de densitate şi de numărul de ordine efectiv :

$$\tau(E_\gamma) = f(\rho, Z_{ef}) \tag{13}$$

În acest caz se poate scrie şi relaţia funcţională :

$$I_{\gamma\gamma}(\chi) = S(\rho, Z_{ef}) \tag{14}$$

unde : $S(\rho, Z_{ef})$ este funcţia spectru integral detectat. În acest caz de *geometrie bună*, rapoartelor de tip $I_{\gamma\gamma}(\chi)$ li se poate atribui semnificaţia unor „coeficienţi de atenuare globali". (A. Lungu, 1970[3]).

În principiu executînd pentru fiecare probă două măsurători cu surse diferite ($\chi_1 < \chi_2$) : prima cu o sursă gama „moale" cu $E_\gamma < 0{,}2$ MeV şi a doua cu o sursă gama „dură" cu $E_\gamma > 1$ MeV — se poate obţine un sistem de două ecuaţii cu două necunoscute de forma :

$$\begin{cases} I_{\gamma\gamma}(\chi_1) = S_1(\rho, Z_{ef}) \\ I_{\gamma\gamma}(\chi_2) = S_2(\rho, Z_{ef}) \end{cases} \tag{15}$$

avînd condiţia de compatibilitate

$$\Delta = \begin{vmatrix} \frac{\partial I_{\gamma\gamma}(\chi_1)}{\partial \rho} & \frac{\partial I_{\gamma\gamma}(\chi_1)}{\partial Z_{ef}} \\ \frac{\partial I_{\gamma\gamma}(\chi_2)}{\partial \rho} & \frac{\partial I_{\gamma\gamma}(\chi_2)}{\partial Z_{ef}} \end{vmatrix} \neq 0. \tag{16}$$

[3] A. Lungu — Probleme în interacţiunea radiaţiilor gama cu substanţa — manuscris p. 23, biblioteca I.M.R.

În principiu, eliminînd pe „ρ" în (15) se poate determina Z_{ef} pentru fiecare probă în parte, obținîndu-se valori de tipul:

$$Z_{ef} = F[I_{\gamma\gamma}(\chi_1), I_{\gamma\gamma}(\chi_2)] \tag{17}$$

Determinarea cantitativă a elementelor grele prin metoda atenuării gama se bazează pe faptul că elementul căutat, adăugat în probă, îi modifică puternic numărul de ordine efectiv, adică:

$$Z_{ef} = Z_{ef_0} + \Delta Z_{ef}(C_{\%Pb}) = K(C_{\%Pb}) \tag{18}$$

unde:

Z_{ef} = numărul de ordine efectiv al rocii sterile;

$\Delta Z_{ef}(C_{\%Pb})$ = modificarea lui Z_{ef_0} datorită unui adaos de plumb;

$K(C_{\%Pb})$ = funcția care determină dependența lui Z_{ef} direct de conținutul în plumb al rocii (minereului).

În final expresia (17) se poate scrie:

$$C_{\%Pb} = H[I_{\gamma\gamma}(\chi_1), I_{\gamma\gamma}(\chi_2)]. \tag{19}$$

Din punct de vedere geometric expresia (19) reprezintă o suprafață în sistemul de coordonate $I_{\gamma\gamma}(\chi_1)$, $I_{\gamma\gamma}(\chi_2)$ și $C_{\%Pb}$. Proiectînd în planul $I_{\gamma\gamma}(\chi_1) - C_{\%Pb}$ intersecțiile rezultate cu plane de tip $I_{\gamma\gamma}(\chi_2) = ct$ se obține o abacă ce se poate utiliza pentru determinarea conținutului în plumb pentru orice combinație de valori $I_{\gamma\gamma}(\chi_1)$ și $I_{\gamma\gamma}(\chi_2)$.

3. PARAMETRII FIZICO-GEOLOGICI AI PROBELOR

O parte din probele analizate (cca. 300) s-au recoltat din galeriile zăcămîntului Muncel (masivul Poiana Ruscă), în ele identificîndu-se următoarele minerale:

— minerale metalice: blendă, galenă, pirită, calcopirită, tetraedrit, mispichel, covelină, marcasită, limonit, aur;

— minerale nemetalice: cuarț, carbonați, clorit, feldspați, sericit, grafit.

Șisturile cuarțitice gălbui în care este cantonată mineralizația (numite de geologul Simion Tecăreanu „șisturi sericitoase gălbui") au următoarea compoziție mineralogică: cuarț 46—62 %, sericit și muscovit 30 ÷ 46 %, feldspați 1—12 %, carbonați 12 ÷ 18 %, clorit 1—2 %, grafit 2 %. Pe baza acestor date se poate calcula Z-ul efectiv al matricii. Metoda ce constituie obiectul acestei lucrări nu necesită calcularea lui Z_{ef}, ca atare ne rezumăm să semnalăm doar faptul că, la modificarea matricii modificîndu-se Z_{ef}-ul, se impune construirea altui set de abace de calibrare a metodei, utilizîndu-se probe etalon recoltate chiar din mineralizația studiată. În cazul zăcămîntului Muncel, pentru a dispune de o gamă cît mai largă de asemenea etaloane, s-au prelevat cca. 200 de probe de concentrat, steril și original de la o linie a uzinei de preparare Deva (ce prelucra în acel moment chiar minereu de tip Muncel). Probele colectate din subteran s-au concasat și măcinat pînă la o granulație apropiată de cea a produselor de flotație.

Apoi s-au efectuat diverse amestecuri, obţinîndu-se în final un set de 150 etaloane bine omogenizate, uniform repartizate într-o gamă largă de conţinuturi (0,10—19,20 % Pb).

Cercetările s-au efectuat pe două clase granulometrice: Ø >1 mm şi Ø = 0,1 ÷ 0,5 mm.

4. APARATURA ŞI SURSELE RADIOACTIVE UTILIZATE

S-a utilizat un lanţ de măsură format din următoarele componente:

a.— dispozitiv port-sursă, port-probă şi port-detector, realizat de aşa manieră, încît să se obţină o dublă colimare a fasciculelor de cuante gama şi geometrii de măsurare riguros constante;

b.— stabilizator de tensiune pentru alimentarea aparaturii (220 V).

c.— sursa de înaltă tensiune stabilizată NBZ 411 pentru alimentarea sondei (1075 V);

d.— sondă de scintilaţie de tip SloT (fabricată de o firmă franceză) avînd zgomotul de fond sub 4 KeV şi rezoluţia de 7 ÷ 9,5 % (pentru picul de 661 KeV al ^{137}Cs).

e. — spectrometru analizor de amplititudine AI—128—2, de fabricaţie sovietică; are 127 canale principale şi un canal suplimentar (canal „timer"), fiecare canal principal avînd o capacitate de $2^{16}-1$ unităţi de informare, iar canalul timer de $2^{20}-1$; timpul mort este de maxim 125 microsecunde într-un ciclu complet de măsurare; neliniaritatea integrală sub ±1 % pe canal, iar instalabilitatea lăţimii canalelor sub ±1 %; în schema bloc a analizorului intră: amplificatorul, dispozitivele de înregistrare şi memorizare, blocul de transpunere binar-zecimal, dispozitivele de comandă şi dispozitivele de extragere a informaţiei (ecranul osciloscopului, înregistratorul automat);

f.— bloc de imprimare BZ—15 M, avînd viteza de extragere a informaţiei de 5 canale/secundă, imprimînd cifre cu 11 ranguri zecimale.

Din considerentele expuse la paragraful 2, s-a ales drept sursă gama „moale" ^{75}Se, iar ca sursă gama „dură" ^{60}Co.

Radionuclidul $^{75}_{34}Se$($T_{1/2}$ = 127 zile) se dezintegrează prin captură electronică, tranziţiile sale gama (respectiv abundenţele lor relative) fiind următoarele: 0,024 MeV (0 %); 0,066 MeV(1 %); 0,096 MeV (3 %); 0,12 MeV (15 %); 0,14 MeV (54 %); 0,20 MeV (1,5 %); 0,27 MeV (56 %); 0,28 MeV (23 %); 0,32 MeV (1,4 %); 0,40 MeV (12,5 %).

Pentru scopurile prezentei lucrări s-au utilizat radiaţiile de 0,14 şi 0,27 MeV.

Radionuclidul $^{60}_{27}Co$($T_{1/2}$ = 5,27 ani) se dezintegrează prin emisii de particule beta, tranziţii ce conduc la atomul derivat $^{60}_{28}Ni$. Acest nuclid ajunge la starea sa fundamentală prin două tranziţii gama: 1,17 MeV (99,99 %) şi 2,13 MeV (100 %), ambele utilizate în prezenta lucrare.

5. LUCRĂRI DE LABORATOR, PRELUCRĂRI DE DATE

5.1. *Alegerea parametrilor optimi ai aparaturii şi efectuarea măsurătorilor.* Fluxul optim de cuante gama pe scintilator a fost determinat prin experimentarea unui set de surse cu activităţi diferite, în diferite geometrii sursă-probă-detector.

S-a stabilit o distanţă optimă sursă-detector de 355 mm pentru sursa din ^{75}Se (activitate 1 mCi) şi de 380 mm pentru sursa din ^{60}Co(activitate 0,5 m Ci).

Înalta tensiune de alimentare a fotomultiplicatorului sondei s-a ales de 1075 V, astfel încît să se obţină o rezoluţie energetică optimă, simultan cu o scară liniară de etalonare energetică a spectrometrului.

Coeficientul de amplificare (al amplificatorului liniar) şi lărgimea canalelor s-au ales astfel încît să se asigure condiţii bune pentru observarea detaliilor structurii spectrului. Pe cele 127 canale s-a lucrat în gamma energetică $E_{min} = 10$ KeV $\div$ $E_{max} = 1500$ KeV cu o lărgime de canal $\Delta E \approx 10$ KeV, avînd următoarea corespondenţă între picurile de absorbţie totală şi canale:

— pentru picul de 140 KeV al ^{75}Se — canalul 14
— pentru picul de 270 KeV al ^{75}Se — canalul 26
— pentru picul de 1170 KeV al ^{60}Co — canalul 97
— pentru picul de 1330 KeV al ^{60}Co — canalul 115

În acest caz eroarea relativă pentru un canal este de:

$$\partial_k = \pm \frac{\Delta E}{E_{max} - E_{min}} \cdot 100 = \pm 0{,}67\,\% \tag{20}$$

iar pentru toate $k = 127$ de canale principale ale analizorului:

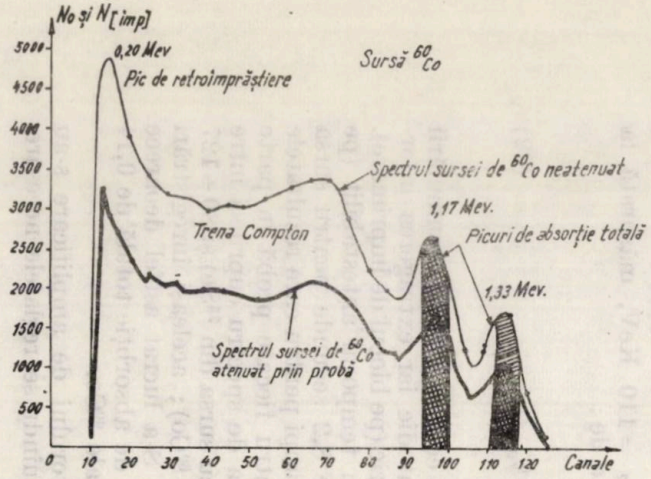
$$\partial_n = \pm \frac{E_{max} - E_{min}}{[2 \cdot K \cdot E_{mediu}} \cdot 100 = \pm 0{,}78\,\%. \tag{21}$$

Rezoluţia (calculată după lărgimea $E_{1/2} = 110$ KeV, măsurată la jumătatea picului $E_\gamma = 1330$ KeV al ^{60}Co) este de:

$$\eta = \frac{\Delta E_{1/2}}{E_\gamma} \cdot 100 = 8{,}30\,\%. \tag{22}$$

Măsurătorile s-au efectuat cu observarea concomitentă a acumulării informaţiei (spectrului) pe ecranul tubului catodic iar extragerea informaţiei s-a efectuat analogic (pe osciloscop) şi cifric (pe blocul de imprimare). Spectrometrul a funcţionat după un program temporal antestabilit (pe timpi de măsurare „vii" constanţi, şi anume 8,2 secunde pentru sursa de ^{75}Se şi 131,2 secunde pentru sursa de ^{60}Co, timpi pentru care rezultatele erau afectate de erori relative sub 1%). Pentru fiecare probă în parte s-a înregistrat pe banda imprimantei porţiunea de spectru cuprinsă între canalele $6 \div 35$ (pentru măsurătorile efectuate cu sursa din ^{75}Se) şi $80 \div 127$ (pentru măsurătorile efectuate cu sursa din ^{60}Co); aceleaşi înregistrări s-au efectuat şi direct pe surse (fără probe). S-a lucrat astfel deoarece atenuările s-au calculat numai pentru picurile de absorbţie totală de 0,14 şi 0,27 MeV ale ^{75}Se şi de 1,17 şi 1,33 MeV ale ^{60}Co.

Periodic liniaritatea şi stabilitatea factorului de amplificare s-au verificat cu un generator de impulsuri, efectuîndu-se reglajele necesare.



Canal	No	N
120	738	499
119	973	636
118	1175	818
117	1321	894
116	1483	972
115	1723	1041
114	1673	1084
113	1636	1062
112	1628	1013
111	1492	907
110	1421	839
109	1150	738
108	1126	676
107	1050	662
106	1048	614
105	1197	747
104	1276	840
103	1497	933
102	1783	1169
101	1977	1336
100	2304	1482
99	2383	1509
98	2580	1573
97	2667	1744
96	2628	1581
95	2594	1585
94	2497	1441
93		1397
92		1321
91		1237
90		1232

Metoda maximelor

$I_4^{Co} = \frac{2667}{1744} = 1,5292$

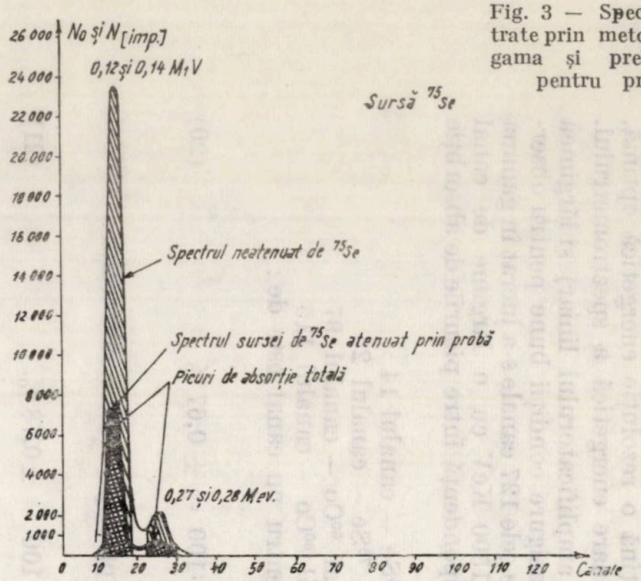
$I_5^{Co} = \frac{1723}{1084} = 1,5894$

Metoda sumelor Covell necorectate de fond

$I_6^{Co} = \frac{17.653}{10.915} = 1,6173$

$I_7^{Co} = \frac{10.881}{6.873} = 1,5684$

$\frac{I_6^{Co} + I_7^{Co}}{2} = 1,5604$



Canal	No	N
32	231	13
31	317	25
30	495	41
29	781	89
28	1264	233
27	1764	399
26	2174	613
25	2142	763
24	2033	726
23	1678	621
22	1511	396
21	1390	246
20	1719	193
19	2849	259
18	5891	674
17	11823	1625
16	18670	4014
15	23600	5404
14	22170	7719
13	15305	5990
12	7689	3215
11	2992	722
10	1084	79
9	316	28
8	89	10
9	65	7

Metoda maximelor

$I_4^{Se} = \frac{23.601}{7.719} = 3,0573$

$\frac{I_4^{Se} + I_5^{Se}}{2} = 2,9532$

$I_5^{Se} = \frac{2176}{763} = 2,8492$

Metoda sumelor Covell necorectate de fond

$I_6^{Se} = \frac{105.062}{29.889} = 3,5150$

$\frac{I_6^{Se} + I_7^{Se}}{2} = 3,3580$

$I_7^{Se} = \frac{12.036}{3.780} = 3,2010$

Fig. 3 — Spectrele înregistrate prin metoda atenuării gama și prelucrarea lor pentru proba F_{10}.

Utilizînd abaca din fig. 7 se citește direct pentru această probă 15,65% Pb. Analizele electrochimice au indicat 16,37 și 15,59 % Pb (deci o medie de 15,98% Pb)

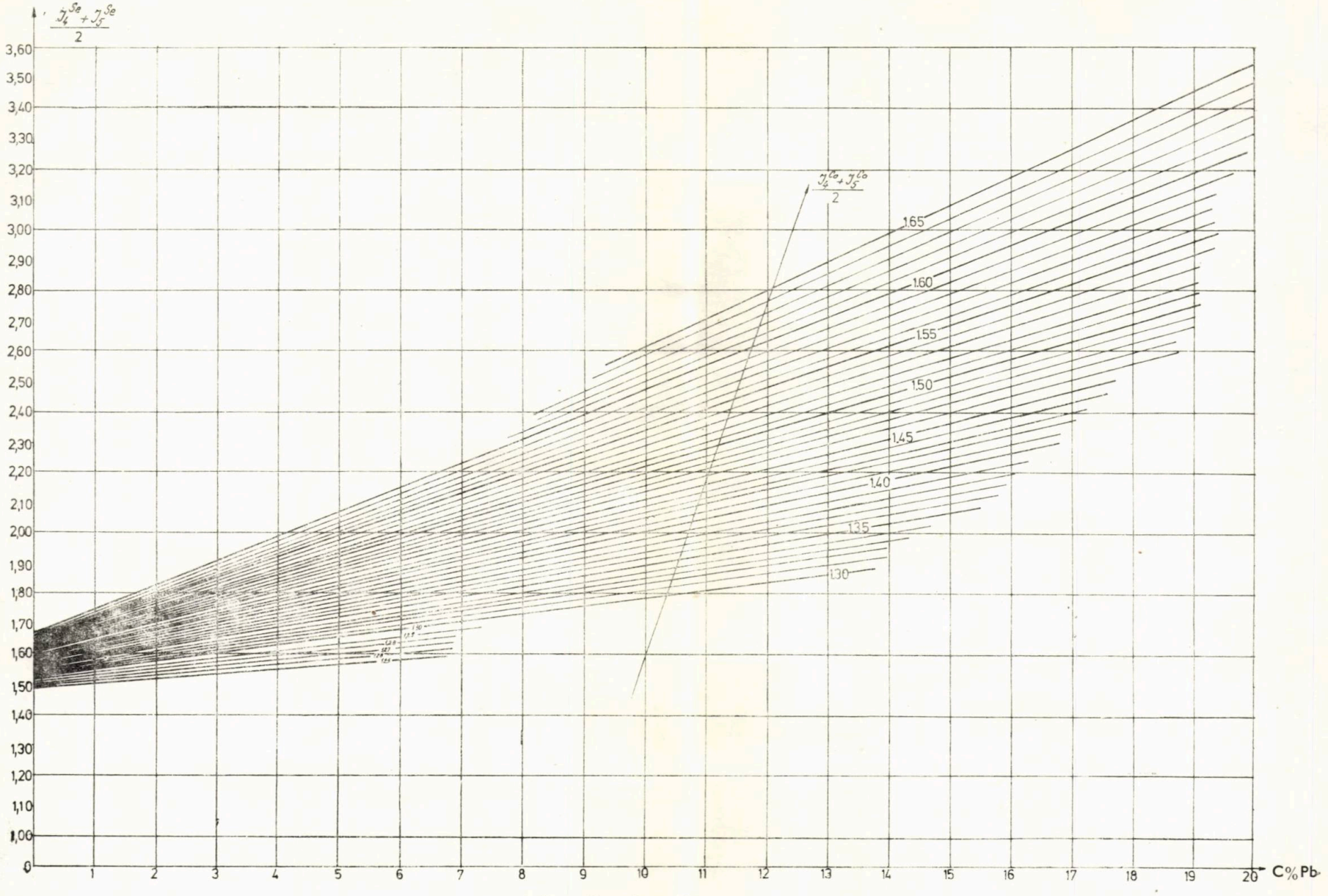


Fig. 4 — Abaca $C_{\%Pb} = f\left(\frac{I_4^{Se} + I_5^{Se}}{2}, \frac{I_4^{Co} + I_5^{Co}}{2}\right)$ pentru probe de minereu și produse de flotație cu granulație medie (Ø = 0,1 — 0,5 mm) din zăcămîntul Muncel.

5.2. *Prelucrări de date.* În figura 3 s-au redat atît spectrele înregistrate complet pentru o probă, cît şi modul de efectuare a calculelor. Interacţiunile provocate de cuantele gama dure ale ^{60}Co în masa scintilatorului de NaI(Tl) au drept consecinţe apariţia unui spectru complet (cu pic de retroîmprăştiere, trenă Compton şi cele două picuri de absorbţie totală — la 1,17 şi 1,33 MeV). Picurile de absorbţie totală sînt asimetrice (lărgite spre energiile joase) din cauza efectului de margine (scăparea din cristal a fotoelectronilor şi electronilor Compton, în apropierea suprafeţei acesteia). Spectrele produse de surse de ^{75}Se nu au trenă Compton, nici pic de retroîmprăştiere deoarece la energii sub 150 KeV efectul fotoelectric este predominant, iar probabilitatea de absorbţie a cuantelor împrăştiate este foarte mare.

S-au calculat diverse rapoarte de tip $I_{\gamma\gamma}(\chi)$—rapoarte ce au semnificaţia unor coeficienţi de atenuare globali —, utilizîndu-se în principal două metode: metoda maximelor şi metoda sumelor Covell.

Prin metoda maximelor s-a raportat numărul maxim de impulsuri înregistrat pe canalul central al unui pic de absorbţie totală din spectrul înregistrat în absenţa mediului atenuator (proba) la aceeaşi mărime obţinută după atenuarea fascicolului gama prin probă. Prin această metodă s-au calculat următorii coeficienţi de atenuare globali:

$$I_4^{Co} = N_0^{\max\ 1,17} / N_p^{\max\ 1,17}\ ;\ I_5^{Co} = N_0^{\max\ 1,33} / N_p^{\max\ 1,33}$$

$$I_4^{Se} = N_0^{\max\ 0,14} / N_p^{\max\ 0,14}\ ;\ I_5^{Se} = N^{\max\ 0,27} / N_p^{\max\ 0,27}$$

Cu aceste valori s-au construit drepte de corelaţie de tip $I_4^{Se} = f(C_{\%Pb})$ pentru $I_4^{Co} = ct$ şi de tip $I_5^{Se} = f(C_{\%Pb})$ pentru $I_5^{Co} = ct$; dreptele de corelaţie astfel obţinute s-au reunit în abace de tip $C_{\%Pb} = f(I_4^{Se}, I_4^{Co})$ sau $C_{\%Pb} = f(I_5^{Se}, I_5^{Co})$.

Pentru a îmbunătăţi precizia rezultatelor s-au calculat şi medii aritmetice ale coeficienţilor de atenuare globali, rezultînd o corelaţie de tip

$$C_{\%Pb} = f\left(\frac{I_4^{Se} + I_5^{Se}}{2},\ \frac{I_4^{Co} + I_5^{Co}}{2}\right) \text{(figura 4).}$$

Constatîndu-se faptul că influenţa granulaţiei continuă să se resimtă, abacele s-au construit în două variante:

— pentru probele fin măcinate, avînd $Ø < 0{,}5$ mm.

— pentru probele măcinate grosier, avînd $Ø > 1$ mm.

Din cauza asimetriei accentuate a picurilor, sumele Covell corectate de fond ($N = P - Q$ în figura 5) devin nesemnificative, adesea valoarea lui N scăzînd cu un ordin de mărime faţă de mărimea lui P, ceea ce corespunde unei erori sensibil mărite (deoarece $\sigma_N = \sqrt{N}$). S-a lucrat cu sume Covell necorectate de fond, adică:

$$P = a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i + \sum_{j=1}^{m} b_j \qquad (23)$$

Tabel

Tabel centralizator al rezultatelor prelucrării spectrelor

Nr.	Numerele probei și martorilor	% Pb chimie				Coeficienți globali				
		original	martor	martor	media	I_4^{Se}	I_5^{Se}	I_6^{Se}	I_7^{Se}	$\frac{I_4^{Se}+I_5^{Se}}{2}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	F 10 ; F 111	16.57	15.59		15.98	2.7619	3.0110	3.2919	3.4229	3.8864
2	F 9 ; F 111	15.95	15.24		15.59	2.6169	2.8536	3.1623	3.5475	2.7352
3	F 11 ; F 143 ; F 147	17.19	16.81	19.27	17.00 (17.75)	3.1659	3.1603	3.6269	3.6523	3.1631
4	F 21 ; F 119	0.49	0.57	2.53	0.53	1.3312	1.5515	1.4234	1.8097	1.4413
5	F 211 ; F 232	11.80	—	—	11.80	2.1457	2.5102	2.5061	2.8100	2.3279
6	F 5 ; F 104	14.20	13.79	—	13.99	2.6040	2.9043	3.0600	3.4600	2.7541
7	F 4 ; F 105 F 143	13.77	13.93	14.21	13.97	2.5993	2.7383	3.0700	3.3000	2.6688
8	F 3 ; F 102	12.25	13.48	—	12.86	2.7431	2.7100	3.2900	2.5787	3.0000
9	F 195	0.25	—	—	0.25	1.3900	1.6520	1.5000	1.5600	1.5210
10	F 20	0.48	0.49	—	0.485	1.3301	1.5546	1.3800	1.6800	1.4423
11	F 50 ; F 140	0.67	10.37	—	9.52	1.1739	2.2518	2.2300	2.4500	2.1128
12	F 193	0.26	—	—	0.76	1.3411	1.5138	1.4492	1.6798	1.4200
13	F 7	14.67	14.71	—	14.69	2.6067	2.7401	3.0542	3.3002	2.6700
14	F 45	14.12	14.35	—	11.23	2.0201	2.3030	2.2991	2.7385	2.1700
15	F 34	0.21	—	—	0.21	1.3751	1.6952	4.4048	1.8116	1.5300
16	F 172	15.60	—	—	15.60	2.7182	2.8747	3.0373	3.2395	2.8000
17	F 35	0.22	—	—	0.22	1.2959	1.5734	1.3668	1.6804	1.4300
18	F 38	4.75	5.21	—	4.98	1.4722	1.7554	1.5480	2.0129	1.6100
19	F 196	0.43	—	—	0.43	1.3485	1.5617	1.5578	1.9508	1.4500
20	F 14	18.07	16.83	—	17.45	3.1733	3.0922	2.2905	3.3200	3.1300
21	F 16	19.10	19.18	—	19.14	3.2873	3.2445	3.8300	3.7000	3.2700
22	F 22	7.32	8.16	—	7.74	1.7350	2.0716	1.9000	2.2500	1.9000
23	F 204	9.54	9.47	—	9.50	1.9900	2.3592	2.1684	2.2565	2.1701
24	F 202	14.64	14.41	—	14.50	2.6919	2.5511	2.7227	3.1286	3.6235
25	F 42	8.84	3.89	—	8.84	1.8445	2.0640	2.0004	2.6766	1.9542

1

înregistrate prin metoda atenuării gama (fragment)

de atenuare							% Pb după abacele din figurile 4, 6, 7
$\frac{I_6^{Se}+I_7^{Se}}{2}$	I_4^{Co}	I_5^{Co}	I_6^{Co}	I_7^{Co}	$\frac{I_4^{Co}+I_5^{Co}}{2}$	$\frac{I_6^{Co}+I_7^{Co}}{2}$	
12	13	14	15	16	17	18	19
3.3574	1.5174	1.5965	1.5462	1.5880	1.5569	1.5671	15.65±0.40
3.3549	1.5953	1.5467	1.5937	1.6042	1.5710	1.5989	14.50±0.90
3.6396	1.6185	1.5650	1.6541	1.5483	1.5917	1.6012	17.05±0.05
1.6165	1.3320	1.3327	1.3748	1.4006	1.3323	1.3877	0.30±0.20
2.6550	1.4452	1.4946	1.4700	1.5000	1.4694	1.4900	10.25±1.55
3.2600	1.6112	1.5900	1.6200	1.5800	1.6010	1.6000	13.55±0.33
3.1800	1.5973	1.5800	1.5700	1.5800	1.5900	1.5700	13.50±0.65
1.5462	1.5462	1.5669	1.5600	1.5400	1.5669	1.5500	12.65±1.40
1.5300	1.3900	1.3150	1.3700	1.3500	1.5520	1.3600	0.25±0.10
1.5300	1.3115	1.3296	1.3200	1.2700	1.3200	1.2900	0.30±0.20
2.3400	1.4288	1.5495	1.3900	1.5300	1.4897	1.4600	4.70±1.55
1.5642	1.2281	1.2749	1.2516	1.2116	1.2500	1.2316	0.25±0.10
3.1775	1.5259	1.4870	1.5494	1.5478	1.5000	1.5486	14.65±0.10
2.5189	1.4305	1.4440	1.4401	1.3929	1.4300	1.4165	12.15±1.05
1.6082	1.3252	1.2411	1.3381	1.2916	1.2800	1.3148	0.40±0.20
1.1381	1.6391	1.5491	1.5641	1.5885	1.5950	1.5763	12.95±2.50
1.5085	1.2850	1.2522	1.2708	1.2641	1.2100	1.2674	— lipsă —
1.7804	1.3980	1.2582	1.3795	1.2382	1.3300	1.3086	3.95±0.95
1.7542	1.3109	1.2866	1.2989	1.2597	1.3000	1.2797	0.30±0.15
3.3000	1.5527	1.4767	1.5700	1.5100	1.5200	1.5400	16.45±1.60
3.7600	1.6477	1.6562	1.6500	1.6000	1.6500	1.6250	17.00±2.00
2.0700	1.3923	1.3836	1.4000	1.3500	1.3900	1.3800	7.40±0.35
2.7124	1.4333	1.4454	1.4635	1.4078	1.4350	1.4356	8.70±0.80
2.1256	1.5266	1.5132	1.4649	1.5178	1.5200	1.4913	14.25±0.25
2.3385	1.4414	1.3712	1.4702	1.3924	1.4000	1.4313	9.15±0.21

continuare

Nr.	Numerele probei și martorilor	% Pb chimie				Coeficienți global				
		original	martor	martor	media	I_4^{Se}	I_5^{Se}	I_6^{Se}	I_7^{Se}	$\frac{I_4^{Se}+I_5^{Se}}{2}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26	F 37	6.53	7.31	—	6.92	1.6498	1.9728	1.8562	2.1993	1.8113
27	F 13	17.67	17.11	17.39	17.31	3.0976	2.8106	3.6617	3.3250	2.9541
28	F 212	6.22	6.64	15.15	6.43	2.1518	2.3135	2.4603	2.4154	2.2326
29	F 160	14.27	—	—	14.27	2.8821	2.7384	3.2157	3.1204	2.8102
30	F 214	16.93	—	—	16.93	2.9597	2.9154	2.4837	3.5227	3.9373
31	F 162	13.80	—	—	13.80	2.6754	2.6505	3.0030	2.9855	2.6629
32	F 188	0.24	0.20	—	0.82	1.2511	1.5758	1.3884	1.6453	1.4134
33	F 159	13.07	—	—	13.07	2.3583	2.4201	2.7081	2.9691	2.3892
34	F 44	8.92	8.37	—	8.64	1.6798	2.0050	1.9201	2.3495	1.8424
35	F 43	9.19	—	—	9.19	1.9295	2.2939	2.1960	2.7090	2.1117
36	F 200	14.04	14.91	—	14.48	2.7930	2.7779	3.2543	3.4750	2.7854
37	F 36	0.51	0.42	—	0.46	1.3245	1.6531	1.4111	1.7786	1.4888
38	25/602	6.66	7.12	7.45	7.17	2.0346	2.2911	2.2318	2.8193	2.1628
39	21/602	7.03	6.96	7.44	7.11	1.9009	2.2842	2.1558	2.5764	1.0925
40	44/602	0.69	0.99	0.88	0.85	1.4067	1.6924	1.5571	1.8575	2.5495
41	36/602	2.06	4.91	1.88	1.95	1.5372	1.9370	1.6688	2.0116	1.7371
42	50/602	4.83	4.59	5.06	4.82	1.6936	2.0177	1.8564	2.4309	1.8606
43	5/602	0.83	0.84	0.90	0.85	1.4023	1.6726	1.5253	1.8125	1.5374
44	48/602	4.63	4.65	—	4.635	1.8738	2.0877	2.0607	2.4186	1.9802
45	14/602	2.42	2.61	2.75	2.68	1.6261	1.9722	1.7698	2.1367	1.7991
46	31/602	1.51	1.32	1.29	1.37	1.4973	1.7905	1.6407	1.9847	1.6439
47	27/602	1.26	1.11	1.58	1.31	1.5551	1.8757	1.6617	1.9973	1.7154
48	26/602	9.10	9.53	9.25	9.29	2.3149	2.4769	2.6426	2.7893	2.3959
49	21/602	7.03	6.96	7.44	7.00	2.1960	2.5103	2.4593	2.7922	2.3531
50	25/602	7.53	8.12	2.32	7.82	2.7665	2.1676	2.7786	2.8713	2.1740

(*tabelul nr. 1*)

de atenuare							%Pb după abacele din figurile 4, 6, 7
$\frac{I_6^{Se}+I_7^{Se}}{2}$	I_4^{Co}	I_5^{Co}	I_6^{Co}	I_7^{Co}	$\frac{I_4^{Co}+I_5^{Co}}{2}$	$\frac{I_6^{Co}+I_7^{Co}}{2}$	
12	13	14	15	16	17	18	19
2.0276	1.4101	1.3017	1.3758	1.3633	1.3555	1.3695	7.40±0.50
3.4933	1.7128	1.6416	1.7207	1.6001	1.6800	1.6604	11.30±2.00
3.4379	1.4745	1.4830	1.4967	1.5351	1.4800	1.5159	7.10±0.60
3.1680	1.5858	1.5994	1.6116	1.5361	1.5900	1.5738	13.70±0.93
3.4182	1.6777	1.5603	1.6452	1.6017	1.6190	1.6234	14.45±2.45
2.9942	1.5263	1.5381	1.5742	1.5000	1.5212	1.5071	14.10±0.30
1.5168	1.2789	1.5101	1.2427	1.2575	1.2445	1.2501	0.25±0.15
2.2386	1.5686	1.4633	1.5698	1.4697	1.5159	1.5197	11.80±0.27
2.1348	1.3953	1.3120	1.3488	1.4050	1.3536	1.3765	2.75±0.10
2.4525	1.4295	1.3800	1.4691	1.3938	1.4047	1.4314	10.93±2.00
3.3646	1.5675	1.6536	1.5974	1.5981	1.6105	1.5977	14.50±0.02
1.5918	1.2902	1.2944	1.3212	1.2990	1.2923	1.3101	0.40±0.11
2.5255	1.5518	1.5338	1.6265	1.4830	1.5422	1.5547	6.60±1.45 și 7.70±1.10
2.3661	1.4558	1.5300	1.5040	1.4903	1.1929	1.4971	6.10±1.01
1.7073	1.3743	1.3578	1.3607	1.3790	1.3092	1.3537	0.85±0.0
1.8402	1.4197	1.4108	1.3931	1.4224	1.4152	1.0077	1.95±0 și 1.45±0.40
2.1460	1.4203	1.5073	1.4813	1.4796	1.4638	1.4804	4.40±0.42
1.6689	1.3426	1.3463	1.8472	1.3113	1.3444	1.3292	0.90±0.05
2.2396	1.5488	1.4575	1.5191	1.4753	1.5031	1.4972	4.65±0.02
1.9532	1.3349	1.4286	1.3983	1.3976	1.3817	1.3979	3.00±0.30
1.8127	1.3595	1.3638	1.4267	1.3862	1.3616	1.4064	1.30±0.07
1.8295	1.2628	1.3537	1.4090	1.4148	1.3082	1.419	1.30±0.01
2.7159	1.5878	1.5465	1.5604	1.5539	1.5671	1.5571	8.65±0.65 și 8.80±0.49
2.6257	1.5192	1.5665	1.5508	1.5877	1.5428	1.5692	4.25±0.25
2.8249	2.2659	2.2577	1.5890	1.5877	2.2650	1.5883	8.25±0.43

unde $n = 3$ canale în stînga canalului central a_0, $m = 3$ canale în dreapta canalului central. Cu valorile astfel obţinute s-au calculat rapoartele:

$$I_6^{Co} = P_0^{1,17} P_p^{1,17}; \quad I_6^{Se} = P_0^{0,14} / P_p^{0,14}$$

$$I_7^{Co} = P_0^{1,33} / P_p^{1,33}; \quad I_7^{Se} = P_0^{0,27} / P_p^{0,27}$$

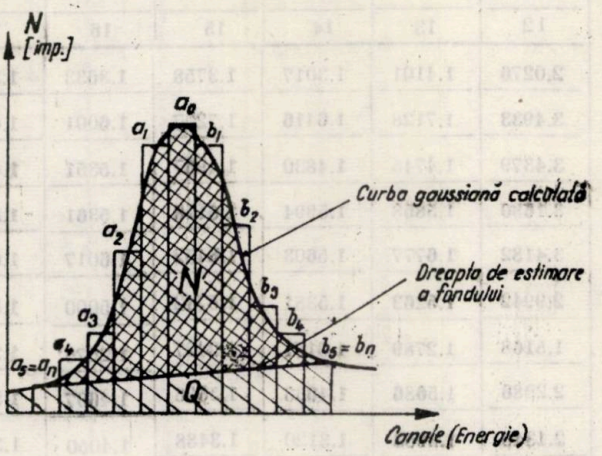


Fig. 5 — Metoda COVEL (după T. Năşcuţiu, 1971).

Şi în acest caz s-au efectuat medii aritmetice, construindu-se în final abace de tip:

$$C_{\%Pb} = f\left(\frac{I_6^{Se} + I_7^{Se}}{2}; \frac{I_6^{Co} + I_7^{Co}}{2}\right). \tag{24}$$

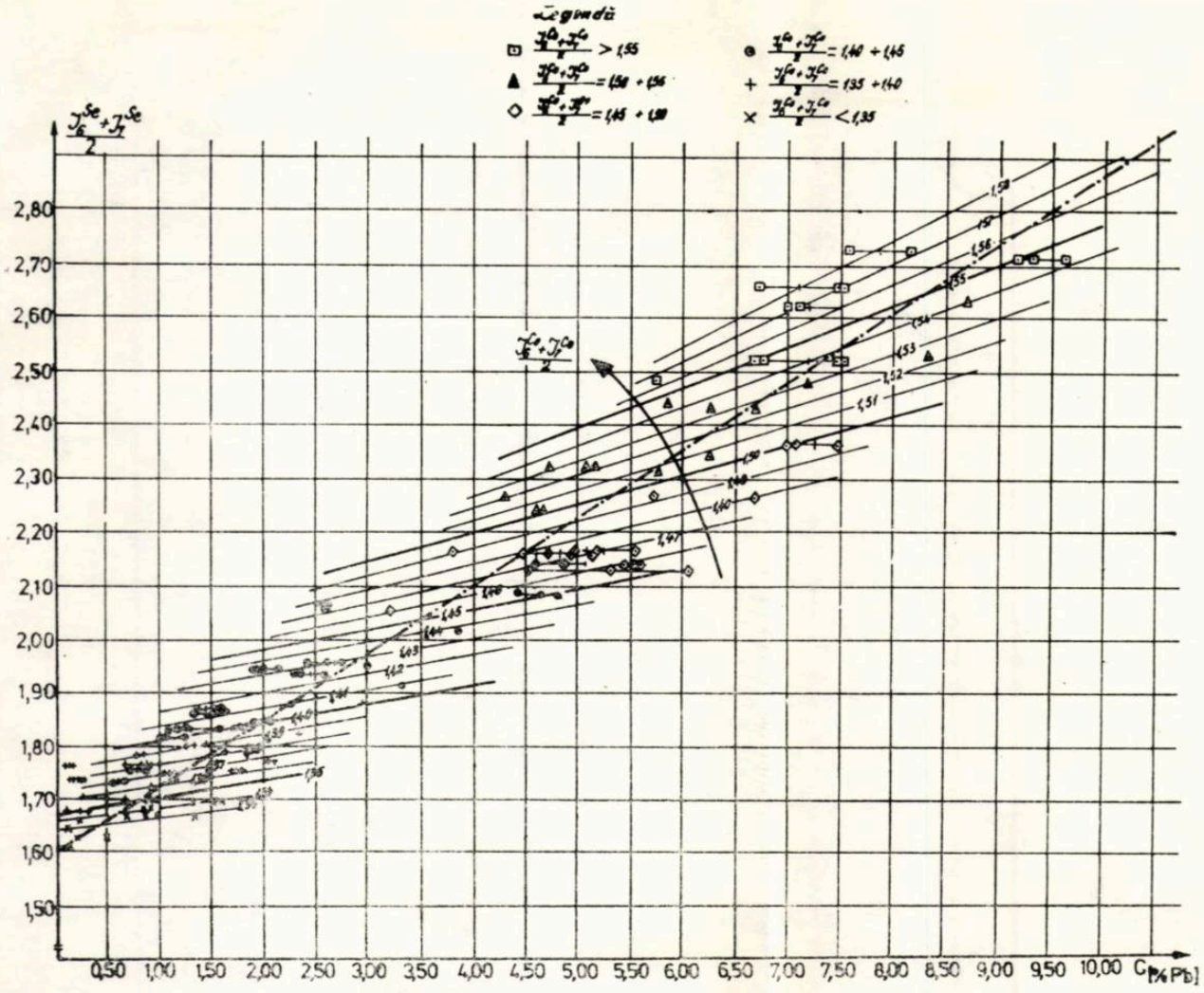
pentru cele două clase granulometrice menţionate anterior (figurile 6 şi 7).

6. REZULTATE ŞI CONCLUZII

Lucrîndu-se cu aparatură spectrometrică, pentru prelucrare s-au utilizat numai picurile de absorbţie totală. Din variantele de prelucrare încercate, cea mai puţin afectată de erori s-a dovedit a fi metoda Covell (fără corecţie de fond), respectiv coeficienţii de atenuare globali de tip I_6 şi I_7 şi abacele ce reprezintă corelaţia:

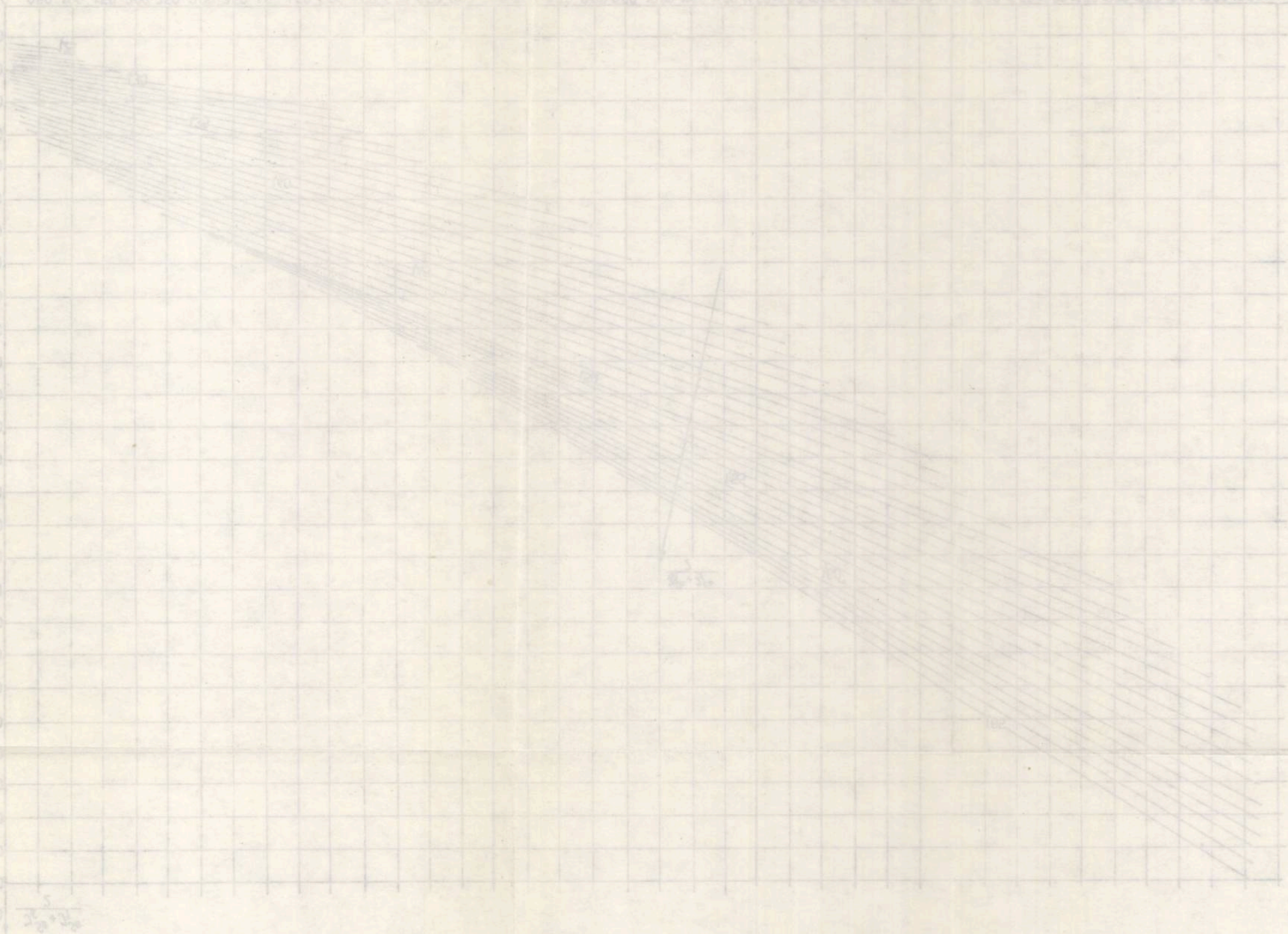
$$C_{\%Pb} = f\left(\frac{I_6^{Se} + I_7^{Se}}{2}; \frac{I_6^{Co} + I_7^{Co}}{2}\right) \text{ (vezi fig. 7).}$$

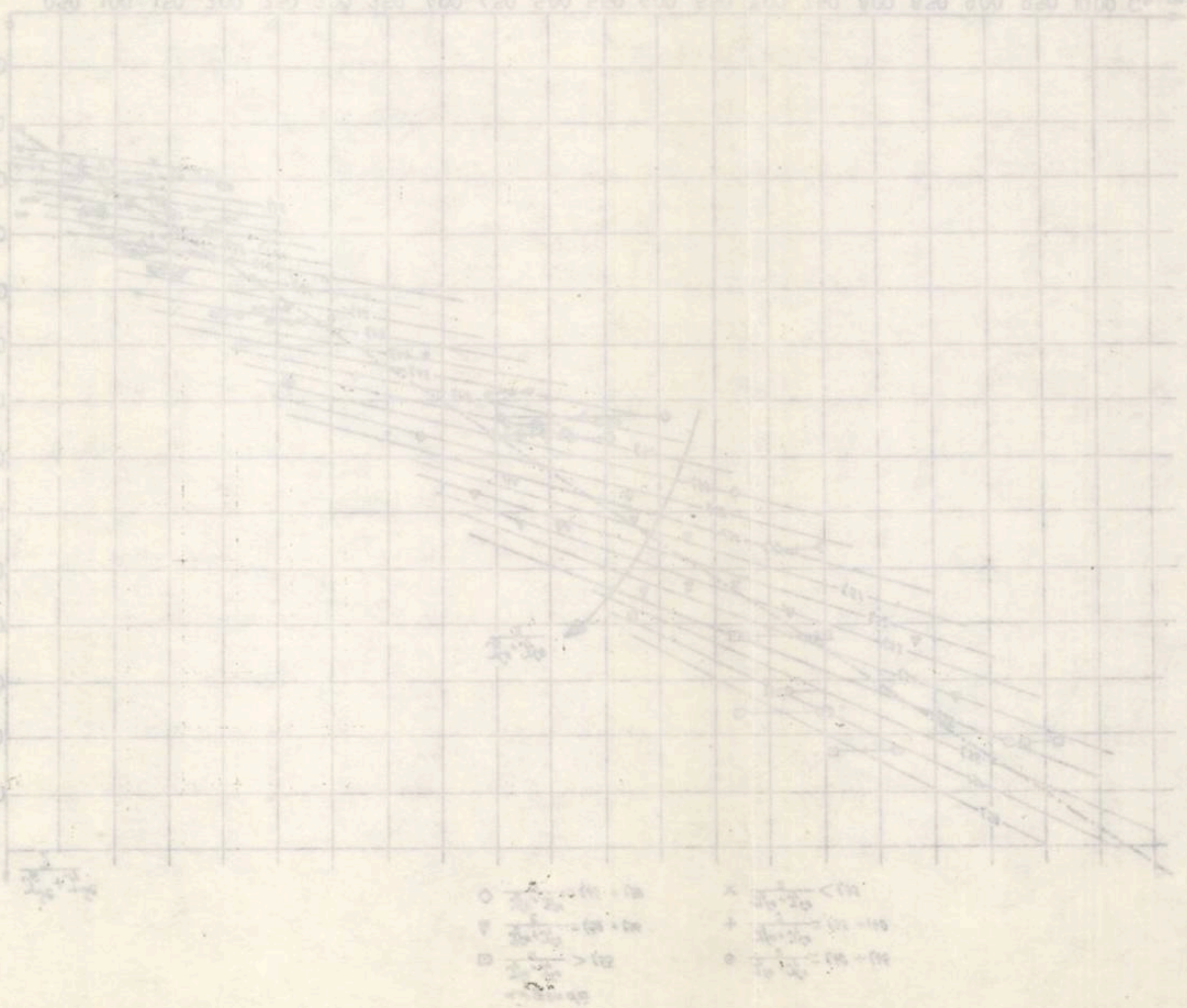
Calculînd abaterile medii, relative $\varepsilon_R = 1/\sqrt{N}$ pentru numeroase valori maxime ale picurilor de absorbţie totală, s-au obţinut valori de $\varepsilon_R = \pm 1{,}8 \div 3{,}5\,\%$ pentru ^{60}Co şi $\varepsilon_R = \pm 0{,}7 \div 2{,}1\,\%$, pentru ^{75}Se. Lucrîndu-se prin metoda Covell, aceste abateri medii pătratice s-au redus la: $\varepsilon_R = \pm 0{,}7 \div 1{,}3\,\%$ pentru ^{60}Co şi la $\varepsilon_R = \pm 0{,}2 \div 1{,}0\,\%$ pentru ^{75}Se.



← Fig. 6 — Obținerea abacei $C_{\%Pb} = f\left(\frac{I_6^{Se} + I_7^{Se}}{2}, \frac{I_6^{Co} + I_7^{Co}}{2}\right)$ pentru probe tip Muncel cu granulație mare (Ø 1 mm).

Fig. 7 — Abaca $C_{\%Pb} = f\left(\frac{I_6^{Se} + I_7^{Se}}{2}, \frac{I_6^{Co} + I_7^{Co}}{2}\right)$ pentru probe și concentrate de tip Muncel cu granulație medie (Ø = 0,1 — 0,5 mm). ↓





Pentru determinări mai puțin pretențioase se pot calcula rapid rapoarte de tip I_4 și I_5 (metoda maximelor).

Comparînd conținuturile în plumb obținute prin utilizarea abacelor de tipul celor din figurile 6 și 7 cu cele furnizate prin analizarea chimică a probelor, s-au constatat următoarele:

— dispersia obținută prin analizarea repetată a 20 de probe este considerabil mai mică în metoda atenuării gama comparativ cu reanalizarea chimică a aceloraşi probe, mai ales în domeniul concentrațiilor mari;

— pentru probe cu sub 1 % Pb metoda atenuării gama dă rezultate mai slabe decît analizele chimice (75,6 % din probe diferă cu peste ± 20 % față de rezultatele analizelor chimice);

— în domeniul $1 \div 5$ % Pb metoda atenuării gama dă rezultate comparabile cu analizele chimice (28,3 % din probele analizate diferă cu $1 \div 5$ % față de analizele chimice, 52,3 % diferă cu $5 \% \div 10$ % și 20,4 % diferă cu puțin peste 10 %).

— în domeniul concentrațiilor mari (peste 5 % Pb) a fost dificilă corelarea cu rezultatele analizelor chimice, deoarece aceste rezultate au ele însele o mare dispersie. Chiar în această situație defavorabilă, 63,7 % din rezultatele metodei atenuării gama au diferit cu sub 5 % de rezultatele analizelor obținute, restul diferind cu 5—15 %. Metoda atenuării gama devine mai sensibilă în domeniul concentrațiilor mari, deoarece Z-ul efectiv se modifică puternic în acest caz.

Putem trage concluzia că metoda atenuării gama este o metodă cu erori variabile, erorile scăzînd în sensul creşterii conținutului în Pb, din probă de la peste ± 50 % în domeniul $0{,}1 \div 0{,}5$ % Pb, la sub ± 5 % în domeniul $10 \div 15$ % Pb. Deci metoda atenuării gama este aplicabilă pentru analizarea probelor cu peste 1 % Pb, cu erori variabile ($\pm 5 \div 15$ %), descrescătoare în sensul creşterii conținutului în plumb (figura 8).

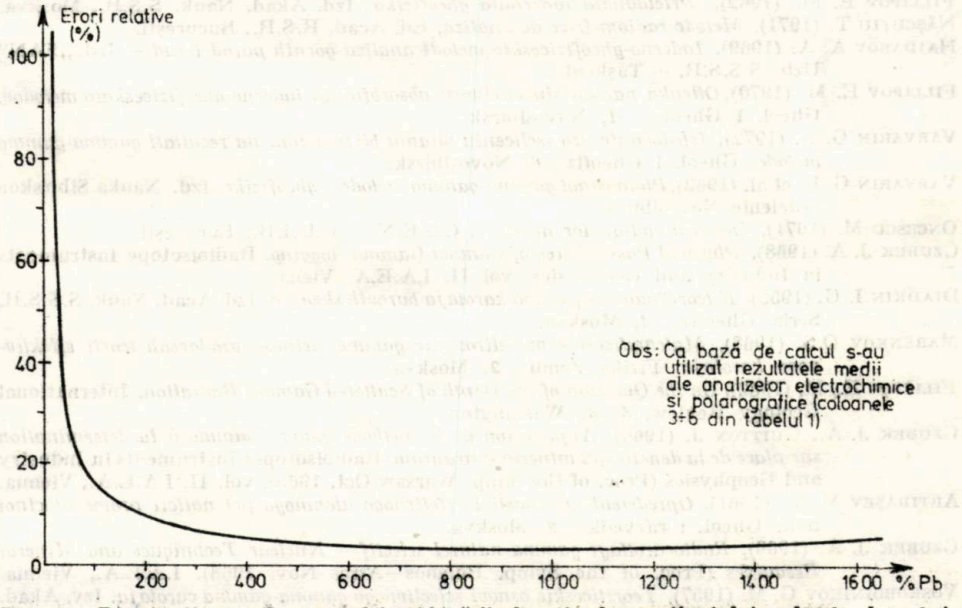


Fig. 8 — Distribuția erorilor metodei atenuării funcție de conținutul în plumb al probei.

Menţionăm faptul că nu se cunoaşte distribuţia erorilor analizelor chimice luate ca bază de comparaţie.

Avantajele metodei sînt următoarele:

— expeditivitate (măsurarea şi calcularea unor probe durează 10÷15 minute);

— probele nu cer o prelucrare laborioasă (doar concasare şi măcinare); produsele uzinelor de preparare se pot măsura ca atare;

— odată abacele de corelaţie construite, metoda poate fi încredinţată spre aplicare şi personalului cu pregătire medie;

— aparatura aleasă este robustă şi de gabarit redus, putînd funcţiona şi în condiţii de şantier sau în uzine de preparare;

— preţul de cost al unei analize prin atenuare gama este comparabil cu cel al unei analize polarografice de serie şi mult mai redus decît cel al unei analize complexometrice.

Ca dezavantaje se pot menţiona:

— pentru fiecare zăcămînt sau mineralizaţie în parte se impune recalibrarea metodei (construirea altui set de abace deoarece Z-ul efectiv diferă sensibil funcţie de parageneza mineralogică;

— în cazul mineralizaţiilor sărace (cu sub 1% Pb) metoda este inaplicabilă.

Primit la redacţie
la 16 ianuarie 1979

BIBLIOGRAFIE

FILLIPOV E. M. (1962), *Pricladnaia iadernaia gheofizika.* Izd. Akad. Nauk. S.S.R., Moskva.
NĂŞCUŢIU T. (1971), *Metode radiometrice de analiză,* Ed. Acad. R.S.R., Bucureşti.
HAIDAROV A. A. (1969), *Iaderno-gheofiziceskie metodi analiza gornih parod i rud* — Izd. „FAN" Uzb. S.S.S.R. — Taşkent.
FILLIPOV E. M. (1970), *Otlenka paroda sinsoitelnosti absorbţionih iaderno-gheofiziceskaia metodov.* Gheol. i Gheofiz., *1*, Novosibirsk.
VARVARIN G. B. (1972), *Isledovanie pro iscliceniu vliania blijnei zoni na rezultati gamma-gamma metode.* Gheol. i Gheofiz., *6*, Novosibirsk.
VARVARIN G. B. et al. (1962), *Plotnostnoi gamma-gamma metoda v gheofizike.* Izd. Nauka Sibirskoe otdelenie, Novosibirsk.
ONCESCU M. (1971), *Detecţia radiaţiilor nucleare.* C.S.E.N. — C.U.I.R., Bucureşti.
CZUBEK J. A. (1968), *Physical Possibilities of Gamma-Gamma logging.* Radioisotope Instruments în Industry and Geophysics, vol II, I.A.E.A. Viena.
DIADKIN I. G. (1955), *K teorii gamma-gamma karotaja burovih skvajin.* Izd. Acad. Nauk. S.S.S.R. Seria Gheofiz., *4*, Moskva.
MARENKOV O.S. (1968), *Matematiceskie modelirovanie gamma prinosa vzadaceah teorii selektivnovo karotaja.* Fizika Zemli., *9*, Moskva.
FILLIPOV E., M. (1962), *On the Question of the Depth of Scattered Gamma Radiation.* International Geology Review, *4*, *6*, Washington.
CZUBEK J. A., GUITTON J. (1966), *Application de la méthode gamma-gamma à la détermination sur place de la densité des minerai d'uranium.* Radioisotopes Instruments in Industry and Geophysics (Proc. of the Simp. Warsaw Oct. 1965), vol. II, I.A.E.A., Vienna.
ARTIBAŞEV V. A (1961), *Opredelenie plotnosti i effetirnogo atomnogo pri nalicii promejutocinoi zont.* Gheol. i razvedka, *9*, Moskva.
CZUBEK J. A. (1969), *Radiocarottage gamma naturel selectif — Nuclear Techniques and Mineral Resources* (Proc. of the Symp. Buienos—Aires Nov. 1968). I.A.E.A., Vienna.
VOŞKOBOINIKOV G. M. (1957), *Teoriticeskie osnovi selectivnogo gamma-gamma carotaja.* Izv. Akad. Nauk. S.S.S.R. Seria Gheofiz., *3*, Moskva.

PETEU G. J. (1971), *Méthodes nucléaires utilisées pour la prospection et l'exploatation des ressources minérales non pétrolières.* Nuclear Techniques for Mineral Exploration and Exploatation, I.A.E.A., Vienna.

ARTIBAȘEV V. A. (1969), *O gamma-gamma metodi iadernoi gheofiziki (novoe napravlenie v izpolizovanii gamma polei dlia izucenia gornih parod).* Gheol. i razvedka, Moskva.

GHEORGHIU FL. (1972), *Investigarea găurilor de sondă prin metode geofizice.* Edit. tehnică, București.

TITTMAN J. (1965), *The Phisical Foundation of Formation Density Logging (Gamma-Gamma).* Geophysics, **XXX**, *2.*

ARTIBAȘEV V. A. (1969), *Sposobi pribli jenogo modelirovania gamma-polei v sredah raznoi plotnosti i vescestvennogo po prințipu podobia.* Gheol. i razvedka, *9*, Moskva.

FILLIPOV E. M. (1958), *Issledovanie spectra rasseiannogo gamma izlucenia v gornih parodah razlicinovo mineralogiceskovo sostava i razlicinoi plotnosti.* Prikladnaia Gheofiz., *19*, Gostoptehizdat Moskva.

GUBERMAN S. A. (1966), *Primenenie teorii podobia pri izlucenii proțesov perenosa izlucenia.* Radioisotope Instruments in Industry and Geophysics-Proc. of the Symp. Warrsaw oct. 1965 vol. II, I.A.E.A. Vienna.

MARGHITU V. (1972), *Aplicații industriale cu surse închise ale radiațiilor gama.* CSEN, București, 1972.

TIRON M. (1972), *Teoria erorilor și metoda celor mai mici pătrate* — Edit. tehnică, București.

PĂTRUȚESCU M. (1972), *Electronica nucleară.* Edit. Acad. R. S. România, București.

*** *Cartea tehnică a analizorului A.I.* — 128—2.

*** *Certificat de garanție al sondei de scintilație tip S* 10 T. Societé d'applications industrielles de la physique, Paris, 1970.

CRISTEA GH. (1965), *Dispozitive și circuite electronice în instalații cu izotopi radioactivi.* Edit. tehnică, București.

MÉTHODE D'ATTÉNUER GAMMA POUR LA DÉTERMINATION QUANTITATIVE DU PLOMB DES MINERAIS COMPLEXES ET DE LEURS PRODUITS DE FLOTTATION

(RÉSUMÉ)

L'ouvrage présente une méthode spectrométrique gamma de laboratoire aux éléments originaux. Par cette méthode on obtient des coefficients globaux d'atténuation qui dépendent directement des concentrations d'éléments lourds des échantillons. On emploie une combinaison de sources émettrices des radiations gamma douces et dures (l'atténuation des radiations gamma douces dépend surtout du Z effectif de l'échantillon, et l'atténuation des radiations gamma dures, de la densité). On présente les dispositifs spécialement conçus et construits pour éliminer les effets perturbateurs. Domaine d'application de la méthode : échantillons à plus de 1 %Pb, aux erreurs variables ($\pm 5-15$ %), qui diminuent au sens de croissance de la teneur en élément lourd.

METODĂ RAPIDĂ DE ANALIZARE PRIN FLUORESCENȚA X A CUPRULUI CONȚINUT ÎN PROBE DE ROCI ȘI MINEREURI RECOLTATE DIN ZĂCĂMÎNTUL LEȘU URSULUI

DE

MĂRGĂRIT DUICU

Institutul de geologie și geofizică, str. Caransebeș nr. 1, București

1. INTRODUCERE

Aplicarea în industria minieră a tehnicilor de analiză prin fluorescență X devine necesară și eficientă economic în următoarele direcții principale:

— determinarea expeditivă a conținuturilor în elemente utile din minereuri și roci, în toate fazele cercetării unei mineralizații;

— micșorarea diluției la exploatare prin adoptarea unor metode de extragere selectivă a minereului, pe baza identificării prezenței diverselor elemente utile pe (sau în) pereții lucrărilor miniere;

— urmărirea promptă și precisă a variațiilor conținuturilor în elemente utile în diferite faze ale proceselor de preparare a minereurilor, de la minereul original la sterilul și concentratele finale, în vederea optimizării proceselor și diminuării pierderilor de element util.

Investigațiile teoretice și experimentale ce constituie obiectul prezentei lucrări și-au propus drept prim obiectiv determinarea cuprului existent în minereurile și rocile din zăcămîntul Leșu Ursului (județ Suceava) pe probe preparate mecanic. Utilizîndu-se aparatul portabil românesc POXA—4 S (produs de colectivul laboratorului de ioni grei din Institutul de Fizică și Inginerie Nucleară București), s-a stabilit o metodă expeditivă și precisă de determinare a conținuturilor în cupru, utilizîndu-se radiațiile X de fluorescență produse prin excitarea cu ajutoru-radioizotopilor și s-a elaborat un procedeu original pentru eliminarea efectelor perturbante, îmbunătățindu-se mult acuratețea metodei. Ulterior cercetarea s-a extins și asupra determinărilor conținuturilor în Zn, Pb, și Fe.

2. PRINCIPIUL METODEI

S-a lucrat cu o sursă excitatoare inelară de ^{238}Pu de 15 mCi (cu emisie în domeniul 12—21 KeV), ținîndu-se cont de faptul că eficiența maximă pentru expulzarea electronului și emisia liniei spectrale caracteristice unei anumite radiații X de fluorescență se obține atunci cînd energia radiației incidente este apropiată (dar puțin mai mare) decît energia cores-

punzătoare discontinuității de absorbție a unui anumit nivel al elementului urmărit (adică energia fotonului incident trebuie să fie ceva mai mare decît energia de legătură a electronilor din nivelul respectiv). Deoarece la aparatura portabilă se utilizează detectori de scintilație cu rezoluție medie, pentru separarea radiațiilor X caracteristice de contribuția liniilor spectrale învecinate, se execută măsurători succesive cu două filtre de absorbție echilibrate. Caracteristicile de trasmisie ale celor două filtre se aleg astfel încît acestea să difere doar în „fereastra" ce încadrează radiația vizată (practic filtrele se construiesc din elemente ce au energiile discontinuităților de absorbție de o parte și de alta a energiei radiației X caracteristice urmărite). Se determină dependența între vitezele de numărare ΔI obținute pentru radiațiile X_K (sau X_L) ale elementului „e" urmărit și conținuturile $C_e\%$ ale aceluiași element:

$$\Delta I = I_B - I_A = f_e(C_e\%) \tag{1}$$

unde:

— I_B este viteza de numărare înregistrată cu filtrul direct (de tip „trece sus"), ce lasă să treacă spre detector radiațiile sosite din probă pînă la un prag aflat imediat deasupra energiei radiației X_K sau X_L a elementului căutat;

— I_A = viteza de numărare înregistrată cu filtrul invers (de tip „trece jos"), ce lasă să treacă spre detector radiațiile X numai pînă la un prag aflat imediat sub energia sus-menționată.

Dispersia norului de puncte prin care se trasează curba de regresie ce exprimă o corelație de tip (1) depinde de următorii factori perturbanți:

— variația granulației și variația distribuției elementului urmărit în probă provoacă așa-numitele „efecte ale neomogenității"; se elimină prin măcinarea, mojararea și eventual pastilarea probelor;

— prezența în matricea probei a unor „elemente parazite", ale căror radiații X_L sau X_K sînt apropiate de cele ale elementului analizat, sau care au discontinuități de absorbție ce se interferează energetic cu radiațiile de fluorescență X ale elementului urmărit, conduce la așa-numitele „efecte de matrice" sau „efecte inter-element de absorbție-intensificare"; aceste efecte sînt mult mai dificil de eliminat, conducînd la imposibilitatea trasării unor curbe de calibrare de tipul (1).

La aceasta se mai adaugă faptul că, din punct de vedere tehnic, realizarea unor filtre perfect echilibrate este imposibilă.

Literatura de specialitate (B. W. Budesinsky 1975, F. L. Chan, W. Patterson 1976, C. G. Clayton 1975, B. Dziunikowski 1968, P. Frigieri, R. Trucco, F. Caretta 1975, T. Tanemura 1968, etc.) recomandă numeroase metode de corecție (metoda creșterii concentrației, metoda diluării, adaosurile multiple, diverse metode matematice); cîteva tehnici originale românești au fost prezentate în lucrările anterioare ale specialiștilor I.G.G. (L. F. Pop 1976, L. F. Pop, M. Duicu 1975, 1976, L. F. Pop, M. Duicu, Aluna Zugrăvescu 1977, M. Duicu 1978)[1], în care s-au descris

[1] Lucrări în arhiva I.G.G. București.

cazuri mai simple, în care mineralizațiile erau practic binare din punct de vedere al efectelor inter-element. În cazul unei mineralizații de sulfuri complexe problema devine mult mai dificilă, prezența concomitentă a Cu, Fe, Zn și Pb în proporții variabile complicînd efectele de absorbție-intensificare specifice și conducînd la sporirea ponderii efectelor inter-element nespecifice (matricea variind mult de la „ușoară" la „foarte grea"). Factorii perturbanți nu acționează izolat, ci interdependent, într-un sistem de legături corelate. Identificarea lor necesită cunoașterea precisă a căilor de formare a rezultatului măsurat, a legăturilor cauzele lăuntrice. În urma unor cercetări amănunțite asupra interacțiunilor energetice ale radiațiilor X de fluorescență și a modului în care se atenuează aceste radiații (cît și radiațiile primare) în diverse matrici, s-a modelat matematic problema astfel:

$$\begin{cases} Q_{Cu} = a_{10} + a_{11}\,\Delta I_{Cu} + a_{12}\,\Delta I_{Fe} + a_{13}\,\Delta I_{Zn} + a_{14}\,\Delta I_{Pb} \\ Q_{Fe} = a_{20} + a_{21}\,\Delta I_{Cu} + a_{22}\,\Delta I_{Fe} + a_{23}\,\Delta I_{Zn} + a_{24}\,\Delta I_{Pb} \\ Q_{Zn} = a_{30} + a_{31}\,\Delta I_{Cu} + a_{32}\,\Delta I_{Fe} + a_{33}\,\Delta I_{Zn} + a_{34}\,\Delta I_{Pb} \\ Q_{Pb} = a_{40} + a_{41}\,\Delta I_{Cu} + a_{42}\,\Delta I_{Fe} + a_{43}\,\Delta I_{Zn} + a_{44}\,\Delta I_{Pb} \end{cases} \tag{2}$$

unde:

— Q_{Cu}, Q_{Zn}, Q_{Fe}, Q_{Pb} sînt concentrațiile în element util căutate.

— $\Delta I_{Cu} = I_{BCu} - I_{ACu}$ reprezintă viteza de numărare înregistrată (sau calculată) pentru linia $XK_{\alpha_1 Cu} = 8{,}047$ KeV;

— $\Delta I_{Fe} = I_{BFe} - I_{AFe}$ reprezintă viteza de numărare înregistrată (sau calculată) pentru linia $XK_{\alpha_1 Fe} = 6{,}403$ KeV;

— $\Delta I_{Zn} = I_{BZn} - I_{AZn}$ reprezintă viteza de numărare înregistrată (sau calculată) pentru linia $XK_{\alpha_1 Zn} = 8{,}638$ KeV;

— $\Delta I_{Pb} = I_{BPb} - I_{APb}$ reprezintă viteza de numărare înregistrată (sau calculată) pentru linia $XL_{\beta 1 Pb} = 12{,}615$ KeV (nu s-a ales linia $XK_{\alpha_1 Pb} = 74{,}957$ KeV deoarece ar fi necesitat altă sursă decît cea de ^{238}Pu utilizată în primele trei cazuri, nici linia $XL_{\alpha_1 Pb} = 10{,}549$ KeV deoarece s-ar fi suprapus perfect peste linia $XK_{\alpha_1 As} = 10{,}543$ KeV);

— a_{11} este panta dreptei de calibrare ce s-ar obține prin utilizarea unui set de etaloane monoelement de cupru, preparate cu matrice neutră pentru $XK_{\alpha Cu}$;

— a_{22} este panta dreptei de calibrare ce s-ar obține prin utilizarea unui set de etaloane monoelement de fier preparate cu matrice neutră pentru $XK_{\alpha Fe}$;

— a_{33} este panta dreptei de calibrare ce s-ar obține prin utilizarea unui set de etaloane monoelement de zinc preparate cu matrice neutră pentru $XK_{\alpha Zn}$;

— a_{44} este panta dreptei de calibrare ce s-ar obține prin utilizarea unui set de etaloane monoelement de plumb, preparate cu matrice neutră pentru $XKL_{\beta Pb}$;

— ceilalți coeficienți de proporționalitate de tip a_{ij} caracterizează tocmai interacțiunile complexe inter-element, indicele „i" arătînd elementul perturbat, iar indicele „j" elementul perturbator. Spre exemplu:

— a_{12} ar trebui să exprime consumarea parțială a radiației $XK_{\alpha Cu}$ (provenite de la excitarea unui procent de cupru) în procesul de excitare suplimentară a unui procent de fier, într-un amestec binar conținînd 1% Cu + 1% Fe și matrice neutră, adică:

$$a_{12} = \frac{\Delta I_{Cu} \text{ pentru amestec } 1\% \text{ Cu} + 1\% \text{ Fe în matrice neutră}}{\Delta I_{Cu} \text{ pentru } 1\% \text{ Cu în matrice neutră}}$$

— a_{13} ar exprima efectele imperfectei echilibrări și lărgimii prea mari a benzii de transmisie în cazul perechii de filtre utilizate pentru cupru, ceea ce nu permite anularea totală a lui $XK_{\alpha Zn} = 8{,}638$ KeV, dar în schimb permite intrarea completă în valoarea măsurată ΔI_{Cu} și a contribuției radiației $XK_{\beta 1 Zn} = 9{,}571$ KeV (deoarece filtrul „trece sus" are $K_{ab} = 9{,}660$ KeV). Deci s-ar putea scrie:

$$a_{13} = \frac{\Delta I_{Cu} \text{ pentru amestec } 1\% \text{ Cu} + 1\% \text{ Zn în matrice neutră}}{\Delta I_{Cu} \text{ pentru } 1\% \text{ Cu în matrice neutră}}$$

— a_{14} ar exprima mai ales atenuarea sporită a $XK_{\alpha Cu}$ în matricea devenită „grea" în urma prezenței plumbului (1% Pb + 1% Cu), avînd aceeași expresie de raport ca în cazurile de mai sus;

— a_{21} va exprima îndeosebi creșterea lui ΔI_{Fe} prin excitarea suplimentară a liniei fierului de către radiația XK_{α} a cuprului;

— a_{31} va exprima efectul înregistrării în valoarea lui ΔI_{Zn} și a contribuției $XK_{\beta 1 Cu} = 8{,}904$ KeV, etc.

— termenii liberi de tip a_{n0} exprimă efectele perturbante reziduale, adică acele efecte greu de prevăzut și cuantificat teoretic (autoabsorbții în probă, efecte inter-element datorate prezenței celorlalte elemente din matrice (Si, Al, Ca, Na, K, S, As, etc.), în proporții relativ constante. Necesitatea introducerii acestor termeni liberi a devenit evidentă în momentul verificării acestui model matematic pe calculatorul C.T.C.E. Suceava, pentru probele recoltate din zăcămîntul Leșu Ursului.

Din cele expuse mai sus s-au desprins clar două direcții de rezolvare a problemei propuse:

— obținerea pe cale grafică a unor fascicole de drepte (curbe) de regresie ce să exprime corelații directe între conținuturile în elemente utile urmărite, mărimile ΔI măsurate și o parte din efectele perturbante cuantificate;

— determinarea celor 16 coeficienți și a celor 4 termeni liberi (apelînd la un calculator de mare capacitate), pornind de la un număr mare de probe-etalon recoltate din zăcămînt și bine analizate chimic; o dată rezolvată modelarea matematică a problemei, programarea pe calculator a rezolvării modelului (2) pentru probe curente.

3. PARAMETRI FIZICO-GEOLOGICI AI PROBELOR

(după I. Balintoni și colab. 1976, Kräutner și colab. 1975 [2], Petrulian și colab. 1966, B. Prelipceanu, D. Florescu 1974 [3]).

La realizarea prezentei lucrări s-au utilizat duplicatele unor probe recoltate în perioada 1975—1977 din lucrările miniere executate pentru explorarea și exploatarea zăcămîntului Leșu Ursului (situat în porțiunea central-estică a Munților Bistriței). Acest zăcămînt face parte din zona mineralizațiilor vulcanogen-sedimentare metamorfozate cu pirită și sulfuri complexe Baia Borșa — Bălan, localizate în formațiunile seriei de Tulgheș. În acest zăcămînt s-au separat, de la E la W, trei nivele mineralizate (zona I-a, zona a II-a și zona a III-a), repartizate inegal în cadrul a patru solzi tectonici. În fiecare nivel se observă o zonalitate a texturii și structurii sulfurilor prin dispunerea preferențială a trei tipuri de minereu (denumite compact, precompact și de diseminare, uneori ultimele două categorii fiind denumite global „minereu de impregnație"). Zonalitatea se observă atît în plan, cît și pe grosime, fiind în general asimetrică. Cunoașterea acestei zonalități este utilă din punctul nostru de vedere, fiind în corelație directă cu tipul de matrice al probelor analizate prin fluorescență X (minereurile compacte vor furniza pentru cupru o matrice „grea", cele precompacte o matrice „neutră", iar minereurile diseminate și rocile sterile se vor încadra în categoria matricilor „ușoare"). Caracterul matricii va fi însă puternic influențat și de compoziția chimică și mineralogică, atît a mineralizației propriu-zise, cît și a rocii în care aceasta este cantonată. Cunoașterea precisă a compoziției chimice a fost utilă și în studierea efectelor inter-element specifice.

Zona I de minereu compact complex este cantonată în șisturi cloritoase și sericitoase și este formată predominant din pirită, blendă, galenă și calcopirită. Minereul prezintă în șisturile sericitoase de coperiș și mai ales în șisturile cuarțitice cloritoase de culcuș impregnații piritoase cuprifere. Mineralele principale: prioritar pirita ($20 \div 80\ \%$), subordonat blenda, galena, calcopirita și mispichelul; sporadic apar pirotina, tetraedritul, bournonitul, bismutina, molibdenitul, casolitul; foarte puțin aur, magnetit, casiterit. Ganga: cuarț, clorit, sericit, feldspați și diverși carbonați. Pentru un număr de 217 probe din zona I care s-au analizat prin fluorecență X, s-au obținut următoarele conținuturi medii: pentru minereul compact complex: 0,62 % Cu, 1,47 % Pb, 2,10 % Zn; pentru minereul de impregnație: 0,68 % Cu, 0,20 % Pb, 0,43 % Zn; de asemenea, apreciem prezența fierului într-o proporție de circa $5 \div 20\ \%$ în minereul compact și cam $3 \div 15\ \%$ în minereul de impregnație (date deocamdată pur orientative, deoarece nu dispunem încă de suficiente analize chimice pentru fier).

Zona a II-a de minereu compact piritos cuprifer este cantonată în șisturi cuarțitice cloritoase și sericitoase și este însoțită de impregnații piritoase. Coperișul este format din roci porfirogene, iar culcușul din șis-

---

[2] Kräutner H., Kräutner F., Mărunțiu M., Vîjdea E., Colios E., Șerban A. 1975, lucrare în arhiva I.G.G. București.

[3] Prelipceanu N., Florescu D. 1974, lucrare în arhiva C. M. Suceava.

turi cuarţito-grafitoase. Mineral principal: pirita (20÷80 %); minerale secundare: calcopirită, blendă, galenă; sporadic (sub 1 %) apar: pirotină, mispichel, tetraedrit, bismutină, aur nativ, magnetit, casiterit, Ganga este formată din cuarţ, clorit, feldspaţi, epidot, calcit, siderit, ankerit.

Pentru cele 124 de probe din această zonă, s-au obţinut conţinuturi medii de 1,90 % Cu, 0,78 % Zn şi 0,46 % Pb pentru minereul compact şi de 0,506 % Cu, 0,21 % Zn şi 0,18 % Pb pentru minereul de impregnaţie. S-a observat prezenţa unei cantităţi cel puţin duble de fier în comparaţie cu zona I în minereul complex şi triple în minereul de impregnaţie, ceea ce a condus la prelucrarea separată a rezultatelor măsurătorilor prin fluorescenţă X pentru cupru în cazul probelor din această zonă.

În zona a III-a se cunosc o lentilă de minereu compact complex la nord şi una cu minereu diseminat la sud, aproximativ cu aceeaşi întindere. Minereul compact este limitat la nord de o zonă de faliere, dincolo de care a fost interceptat iarăşi minereu precompact. Pe înclinare, minereul compact trece treptat în minereu precompact. Zona a III-a este cantonată în şisturi cloritoase, avînd în coperiş şisturi sericitoase cuarţitice cu intercalaţii de roci porfirogene, iar în culcuş şisturi cuarţitice sericito-cloritoase. Zona de faliere direcţională din coperiş are umplutura formată mai ales din şisturi cuarţitice grafitoase.

Minereul compact are următoarea compoziţie mineralogică: în principal pirită (20÷80 %); subordonat blendă, galenă, calcopirită, pirotină (1÷10 %); sporadic (sub 1 %) mispichel, galeno-bismutină, tetraedrit, aur nativ, manganit şi casiterit. Ganga este formată în principal din cuarţ, subordonat silicaţi (clorit, sericit, feldspaţi) şi carbonaţi (calcit, siderit, ankerit).

Impregnaţia zonei a III-a este formată din cuiburi şi filonaşe de calcopirită în asociaţie cu cristale de pirită şi subordonat pirotină, blendă şi galenă. Deci impregnaţia este polimetalică, dar cu caracter predominant pirito-cuprifer.

În vederea stabilirii unor procedee optime de prelucrare a datelor rezultate în urma măsurătorilor prin fluorescenţă X, s-au împărţit iniţial minereurile de Leşu Ursului în patru categorii:

— Minereu complex compact şi precompact din zonele I şi III;

— Minereu compact piritos-cupros din zona a II-a;

— Impregnaţiile polimetalice din zonele a I-a şi a III-a inclusiv rocile sterile (sau slab impregnate) din coperişul şi culcuşul acestor zone;

— Impregnaţia cupriferă din zona a II-a, inclusiv rocile sterile (sau slab impregnate) din coperişul şi culcuşul acestor zone.

Ulterior s-a constatat că toate minereurile de impregnaţie au acelaşi caracter predominant cuprifer, principalul element perturbant fiind fierul din pirita prezentă din abundenţă; plumbul fiind în general sub 0,2 %, iar zincul sub 0,6 %, ponderea lor în producerea efectelor inter-element specifice la determinarea cuprului este foarte mică, neizbutind să schimbe nici caracterul matricii. Datorită prezenţei fierului cu Z apropiat de al cuprului, matricea are un caracter de „neutră" cu uşoare devieri spre „uşoară" sau „grea" (funcţie de conţinutul în pirită), ceea ce imprimă curbelor de corelaţie un caracter de cvasilinearitate.

4. APARATURA UTILIZATĂ

Aparatul românesc POXA—4S este un spectrometru portabil pentru radiații X de fluorescență, măsurînd în timp predeterminat intensitatea uneia din liniile caracteristice (K, L), linie selectată prin acțiunea combinată a filtrelor de fluorescență, analizorului monocanal (cu prag, fereastră și amplificare reglabile) și numărătorului reversibil. Cu el se pot determina elemente avînd $Z = 22$ (Ti) $\div$ 83(Bi), echipîndu-l cu surse și filtre de absorbție corespunzătoare, cu limite de detecție de 0,03 $\div$ 0,2 % element util. Rezoluția energetică a sistemului de detecție este de 3,2 KeV (la $XK_{\alpha_1 Fe} = 6{,}403$ KeV). Capacitatea numărătorului: 10^6—1 impulsuri (6 decade, din care 4 — ponderile mari — cu acces la afișaj). Timpul de măsură este selectabil: 0,25, 0, 5, 1, 2, 4 și 8 minute. Afișajul este cifric, cu LED-uri, cu 5 poziții (patru cifre afișînd conținutul numărătorului — rangurile mari — și o cifră zecimile din timpul de măsură preselectat). Alimentarea: fie de la rețea (220 V), fie de la acumulatori de Ni—Cd încorporați (10 Ah, autonomie 6 ore).

Probele s-au măsurat în două variante:

— probe majorate în cutii de plastic prevăzute la partea inferioară cu o folie subțire (6 μ) din myllar; timpul de măsurare 2 minute; rezultatele s-au prelucrat numai grafic;

— probe pastilate la presiune constantă (200 at), ceea ce a permis scurtarea timpului de măsură la un minut; rezultatele s-au prelucrat pe calculator.

5. LUCRĂRI DE LABORATOR, PRELUCRĂRI DE DATE ȘI REZULTATE OBȚINUTE

Din zonele a I-a și a III-a s-au măsurat 211 probe cu minereuri de impregnație și roci din culcuș și coperiș (slab mineralizate) și 45 probe din minereuri compacte și precompacte.

Pentru zona a II-a s-au măsurat 64 probe cu minereu de impregnație sau roci slab mineralizate din culcușul și coperișul zonei și 60 de probe cu minereu compact și precompact.

Parametrii prag, fereastră și timp de măsură s-au păstrat constanți la determinarea tuturor elementelor, variindu-se doar amplificarea funcție de elementul urmărit.

Pentru analizarea cuprului s-au folosit filtre din Ni—Co și amplificarea s-a reglat pentru detecția optimă a $XK_{\alpha_1 Cu} = 8{,}047$ KeV. Fierul s-a determinat cu filtre din Cr—Mn și amplificarea reglată pe $XK_{\alpha_1 Fe} = 6{,}403$ KeV. În cazul zincului s-au utilizat filtre din Cu—Ni, urmăridu-se detecția optimă a liniei $XK_{\alpha_1 Zn} = 8{,}638$ KeV. Pentru detecția plumbului s-a lucrat cu filtre din As—Se, cu amplificarea reglată pentru detecția optimă a $XL_{\beta_1 Pb} = 12{,}611$ KeV. Trebuie precizat faptul că, în cazul plumbului, s-a utilizat o radiație de tip XL_β (cu randament de fluorescență mult mai mic decît o radiație de tip XK_α sau XL_α) deoarece:

— radiația $XK_{\alpha_1 Pb} = 74{,}957$ KeV nu este excitată de ^{238}Pu (aceasta avînd emisia în domeniul 12 $\div$ 21 KeV) — ar fi necesară schimbarea sursei cu un ^{57}Co(K);

— radiația $XL_{\alpha_1 Pb} = 10{,}549$ KeV se suprapune perfect peste radiația $XK_{\alpha_1 As} = 10{,}543$ KeV a arsenului, iar în zăcămîntul Leșu Ursului există și As în proporții variabile; în plus detectarea acestei radiații impune utilizarea unor filtre de Ge—Ga, dificil de confecționat.

La stabilirea amplificărilor optime s-au utilizat etaloane metalice din Cu, Fe, Zn și Pb, ridicîndu-se caracteristicile variației mărimilor I_A, I_B, ΔI și „I fără filtre" funcție de numărul de ture ale helipotului amplificării (acest helipot avînd scala gradată în zece ture, fiecare tură fiind împărțită în zecimi și sutimi).

Odată parametrii funcționali stabiliți, s-a trecut la măsurătorile experimentale propriu-zise. S-au utilizat probe analizate chimic pentru Cu, Pb și Zn la 2—4 laboratoare diferite (din păcate uneori rezultatele acestor analize au dispersie mare). La fiecare set de 10 probe măsurate cu o pereche de filtre, s-a efectuat un control al mersului aparaturii cu o probă — etalon conținînd minereu bogat (fie proba D_{519} avînd 2,85% Cu, 1,805% Pb și 8,45% Zn — un minereu complex compact din zona a III-a —, fie proba D_1 — minereu compact cuprifer din zona a II-a, avînd 10,95% Cu, 0,13% Pb și 1,66 % Zn). Timp de 40 de zile cît au durat experiențele (aparatul funcționînd practic fără oprire, în trei schimburi), nu s-au observat decît fluctuații de maximum $\pm 3\%$ în rezultatele măsurătorilor pe aceste probe — etalon.

Deoarece radiația XK_{α_1} a cuprului are energia 8,047 KeV în imediata vecinătate a discontinuității de absorbție a fierului, $K_{ab\ Fe} = 7{,}111$ KeV, se produce o absorbție preferențială a acestei radiații la interacțiunea cu electronii din nivelul K al fierului din probă (se întîmplă ca și cum fierul ar „cere" să absoarbă energii în jur de 8 KeV). Este vorba deci de un efect inter-element de absorbție specific, avînd drept consecință o scădere a intensității radiației de fluorescență $XK_{\alpha_1 Cu}$ urmărită (deci implicit o scădere a mărimii ΔI_{Cu} afișată de aparat), pe măsura creșterii conținutului de fier în probă. Acest fenomen perturbant s-a observat puternic (cu ponderi diferite) atît la probele recoltate din minereurile de impregnație și rocile slab mineralizate din culcușul și coperișul tuturor zonelor din zăcămînt, cît și în cazul celor recoltate din minereurile compacte și precompacte. Pentru toate categoriile de probe fierul este principalul element perturbant, datorită în principal caracterului puternic piritos al mineralizației.

Pentru a construi abace de corelație de tip $Q_{Cu} = f(Q_{Fe}, \Delta I_{Cu})$ ar fi fost necesar să dispunem de analize pentru fier (atît pentru fierul „liber" din sulfuri, cît și pentru fierul „legat" din silicați), analize costisitoare și care ar prelungi mult durata unei analize complete, scăzînd mult eficiența economică a metodei. S-a hotărît să se urmeze altă direcție de cercetare, în care metoda de fluorescență X să nu apeleze la analize chimice externe pentru elementele perturbante, ci să se bazeze pe elemente de corecție proprii. S-a luat decizia de a se măsura concomitent atît cu perechea de filtre din Ni—Co (notîndu-se mărimile I_{ACu}, I_{BCu} și ΔI_{Cu}), cît și cu perechea de filtre confecționată din Cr—Mn (înregistrîndu-se mărimile I_{AFe}, I_{BFe} și ΔI_{Fe}). Rezultatele în ΔI_{Fe} s-au grupat apoi pe clase (spre exemplu $\Delta I_{Fe} = 181 \div 200$; $201 \div 220$; $221 \div 240$, etc), construindu-se pentru fiecare astfel de clasă cîte o dreaptă de regresie ce exprimă corelația $Q_{Cu} = f(\Delta I_{Cu})$ pentru $\Delta I_{Fe} = \text{constant}$. O asemenea dreaptă

de regresie este prezentată în figura 1, unde $\Delta I_{Fe} = 310$, construită pe baza rezultatelor măsurătorilor efectuate pe probe de minereu compact piritos-cupros din zona a II-a (probe la care ΔI_{Fe} a prezentat valori cuprinse în clasa $301 \div 320$; pe aceeași figură se observă că probele se grupează bine și după parametrul $I_{ACu} = 321 \div 360$, dar cu o dispersie ceva mai mare. Din studierea atentă a caracteristicilor de transmisie a perechii de filtre de Ni—Co (utilizată pentru detecția $XK_{\alpha Cu}$) se observă că în mărimea I_{ACu} intră mai ales contribuția radiațiilor de fluorescență ale elementelor perturbante prezente din matrice, dar nu intră decît în foarte mică măsură radiația de fluorescență $XK_{\alpha Cu}$. Deci efectuîndu-se o corelație cu ajutorul mărimii I_{ACu}, teoretic (cel puțin) apare posibilitatea înlăturării efectelor perturbante provocate de o insuficientă filtrare a radiațiilor de fluorescență energetic vecine cu radiația $XK_{\alpha Cu}$ urmărită.

Încă de la primele încercări experimentale s-a constatat că utilizarea mărimii I_{BCu} pentru astfel de corecții nu este indicată, probabil deoarece la erorile statistice ale înregistrării contribuției radiațiilor de fluorescență provenite de la elementele perturbante din matrice s-ar adăuga (conform teoriei de propagare a erorilor) și erorile statistice inerente înregistrării radiației de fluorescență $XK_{\alpha Cu}$. Totuși, pe de altă parte, și valorile obținute pentru I_{BCu} prezintă interes pentru utilizare ca elemente de corelație, deoarece în aceste valori se reflectă puternic atît efecte inter-element nespecifice (mărimea I_{BCu}, cuprinzînd și contribuția radiației $XK_{\alpha Cu}$, reflectă și eventualele atenuări ale acestei radiații în matrici „grele" sau și eventualele sale intensificări aparente în matricile „ușoare"), cît și efecte inter-element specifice datorate prezenței Zn și Pb. În ce măsură aceste avantaje ale utilizării lui I_B ca element de corelație compensează dezvantajul sus-menționat, deocamdată nu ne putem pronunța.

Pentru scopurile prezentei lucrări s-au încercat toate cele trei variante de corecție (după I_{ACu}, după I_{BCu} și după ΔI_{Fe}), fie separat, fie combinat. Corecția după I_{BCu} nu a dat satisfacție.

Revenind la figura 1 specificăm faptul că prelucrarea primară a datelor experimentale a constat în construirea a peste o sută de drepte de regresie, pentru diverse clase de ΔI_{Fe} și I_{ACu}, separat pe zone și sorturi de minereu. Cu aceste drepte de regresie au fost construite apoi abace de tipul celor din figurile 2, 3, 4 și 5. Abacele din figurile 2 (pentru roci slab mineralizate și minereu de impregnație din zonele I-a și a III-a) și 3 (pentru minereu piritos-cupros compact și precompact din zona a II-a) reprezintă corelația $Q = f(\Delta I_{Cu}, \Delta I_{Fe})$, pentru probele de care am dispus pentru studiu utilizarea mărimii ΔI_{Fe} ca element de corelație fiind suficientă (datorită caracterului predominant piritos al probelor).

În figura 2 bara verticală trasată pe abacă în dreptul conținuturilor de 1,25 % Cu indică faptul că la stînga abaca se poate utiliza cu rezultate foarte bune, iar la dreapta abaca devine numai orientativă (minereul nemaiavînd caracter de impregnație, ci de minereu precompact sau chiar compact, eventualele probe ce au peste 1,20 % Cu fiind probabil încadrate greșit).

Abacele din figurile 4 și 5 reprezintă două variante ale rezolvării problemei pentru minereurile de impregnație și rocile slab mineralizate din zona a II-a; în figura 4 abaca corelației $Q_{Cu} = f(\Delta I_{Cu}, \Delta I_{Fe})$, iar în figura 5

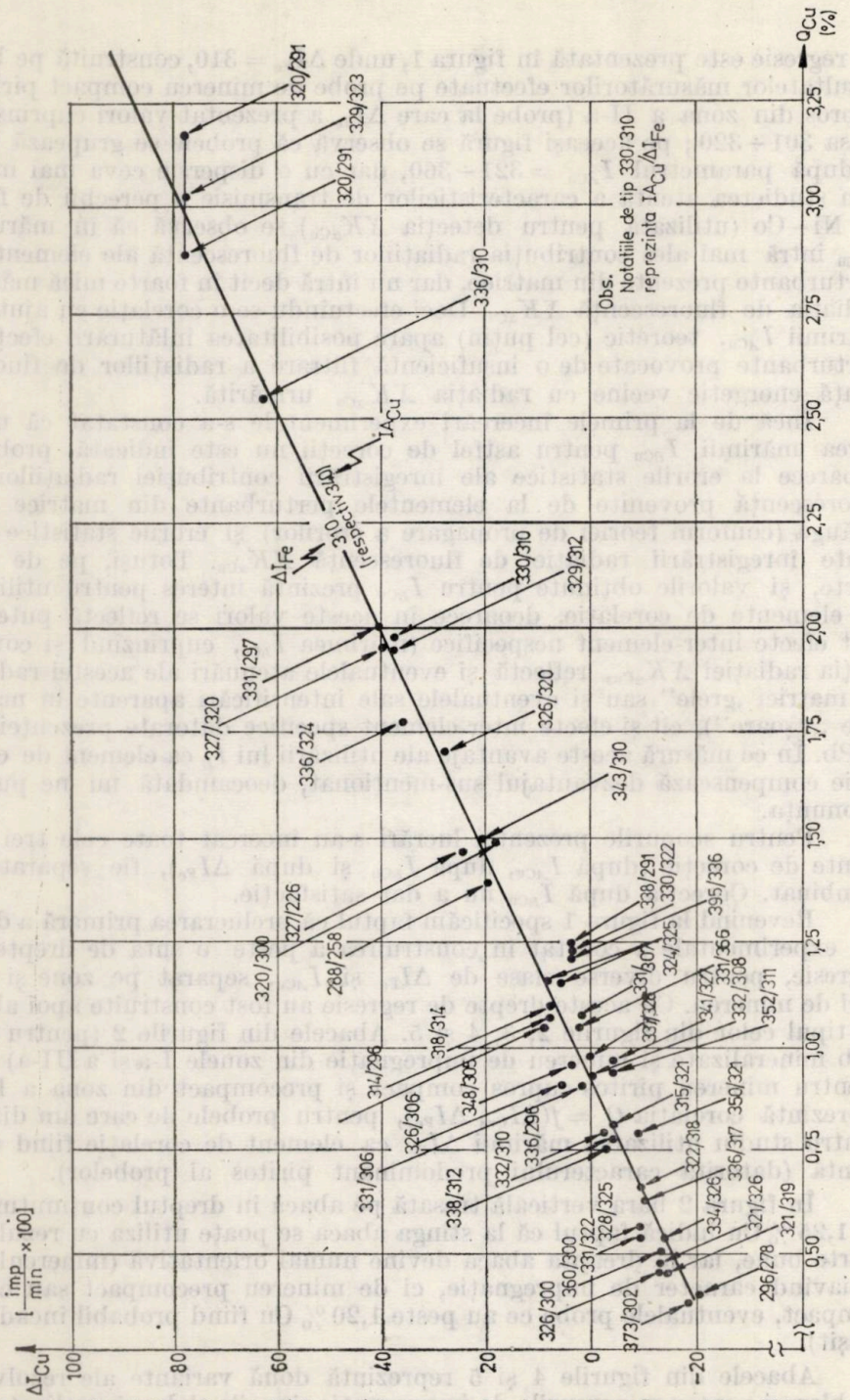


Fig. 1 — Corelația $Q_{Cu} = f(\Delta I_{Cu}, \Delta I_{Fe}$ sau $I_{ACu})$ pentru $I_{Fe} = 300 \div 320$ sau $I_{ACu} = 320 \div 360$. Minereu compact pirotos-cupros. Zona a II-a — Leșu Ursului.

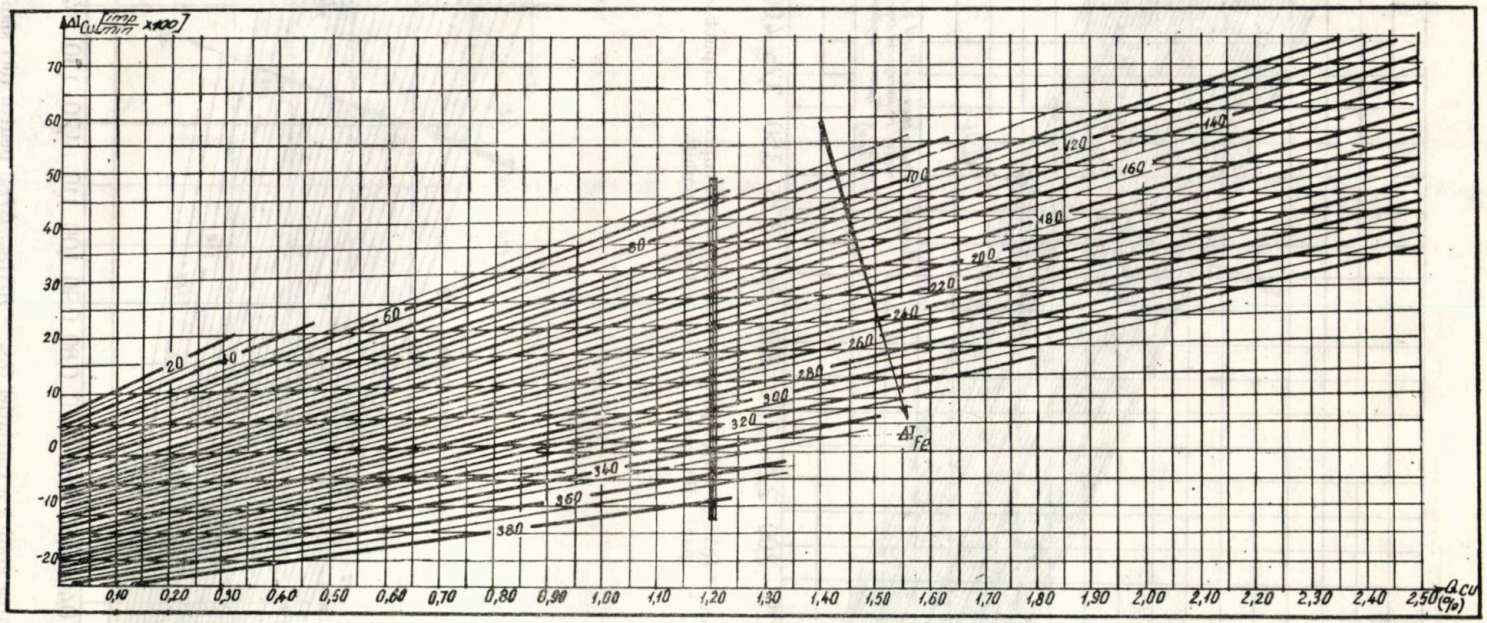


Fig. 2 — Reprezentarea grafică a corelației $Q_{Cu} = f(\Delta I_{Cu}, \Delta I_{Fe})$ pentru roci slab mineralizate și minereuri de impregnație din zonele a I-a și aIII-a ale zăcămîntului Leșu Ursului.

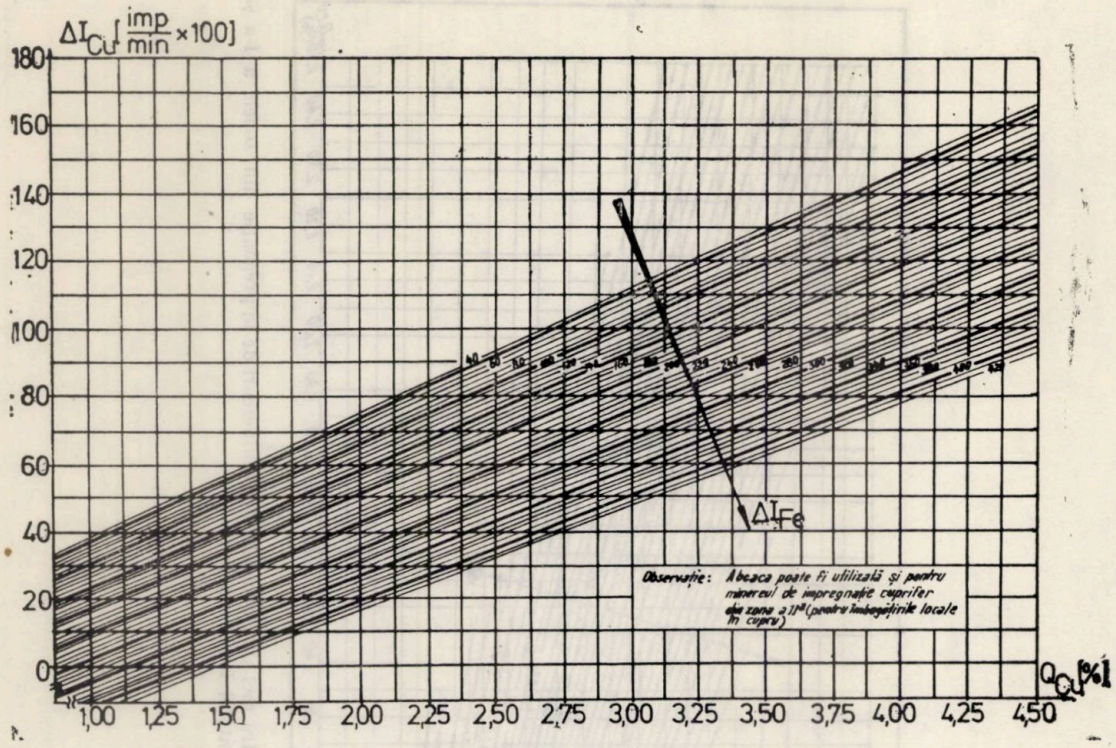


Fig. 3 — Corelația $Q_{Cu} = f(\Delta I_{Cu}, \Delta I_{Fe})$ pentru minereu piritos-cupros compact sau precompact din zona a II-a — Leșu Ursului.

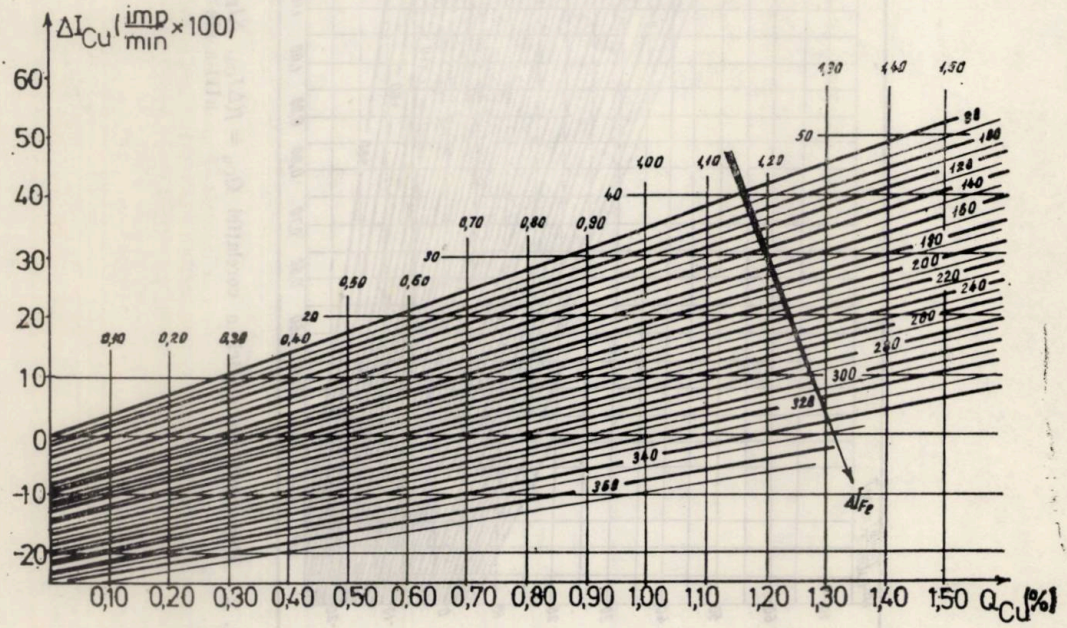


Fig. 4 — Reprezentarea grafică a corelației $Q_{Cu} = f(\Delta I_{Cu}, \Delta I_{Fe})$ pentru roci slab mineralizate și minereuri de impregnație din zona a II-a a zăcămîntului Leșu Ursului.

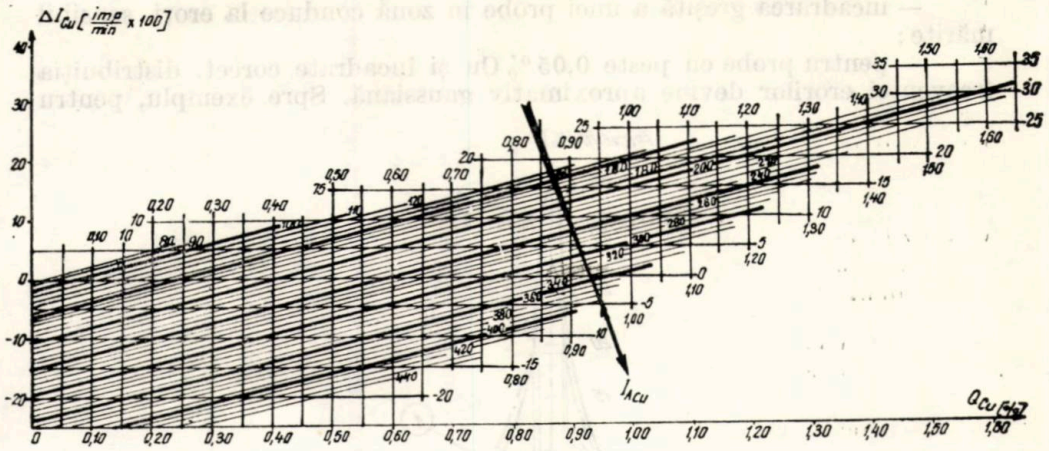


Fig. 5 — Corelația $Q_{Cu} = f(\Delta I_{Cu}, I_{ACu})$ pentru roci slab mineralizate și minereuri de impregnație din zona a II-a — zăcămîntul Leșu Ursului.

5 abaca ce corespunde corelației $Q_{Cu} = f(\Delta I_{Cu}, I_{ACu})$. Ambele variante dau satisfacție, prezentînd abateri sensibil apropiate față de rezultatele analizelor chimice afectuate pentru cupru.

Pentru minereurile precompacte și compacte din zonele a I-a și a III-a s-a constatat că numai corecția de ΔI_{Fe} este insuficientă; probele recoltate din aceste tipuri de minereu conțin mult plumb și zinc, deci o pondere însemnată au și efectele inter-element nespecifice, în special atenuarea radiației $XK_{\alpha Cu}$ în matrici de tip „greu". Pentru astfel de minereuri o abaca reprezentînd corelația de tip $Q_{Cu} = f(\Delta I_{Cu}, I_{ACu})$, deci cu element de corecție I_{ACu}, rezolvă problema propusă cu o precizie acceptabilă.

Menționăm faptul că utilizarea unor astfel de abace rezolvă și problema dezechilibrării filtrelor. Efectele neomogenității sînt suficient eliminate prin mojararea și pastilarea probelor, iar efectele de suprafață prin sistemul probă-sursă-detector adoptat (prin măsurarea probei mojarate la partea ei inferioară, unde foița de myllar impune o suprafață plană). Prin măsurători experimentale s-a constatat că o grosime de 10 mm de probă mojarată și 4 mm de probă pastilată este suficientă pentru a asigura reproductibilitatea rezultatelor măsurătorilor.

În final s-au calculat erorile absolute ($\varepsilon_A = Q_{Cu}^{chimie} - Q_{Cu}^{fluoresc.X}$) și relative $\left(\varepsilon_R = \frac{\varepsilon_A}{Q_{Cu}^{chimie}} \times 100\right)[\%.]$

Distribuția frecvenței acestor erori se poate urmări în figura 6. Din studierea repartiției erorilor se observă că:

— limita de detecție a metodei (considerată ca reprezentînd acel Q_{Cu} pentru care erorile ating 100 %) este de 0,03 % Cu;

— în apropierea limitei de detecție (pentru 0,03 ÷ 0,05 % Cu) erorile relative depășesc 25 %; de altfel în acest domeniu și analizele chimice efectuate pe aceleași probe în patru laboratoare diferă între ele cu 25—100 %; astfel în calcularea lui ε_R din figura 6 s-au preluat și erorile aferente analizelor chimice;

— incadrarea greşită a unei probe în zonă conduce la erori sensibil mărite;

— pentru probe cu peste 0,05 % Cu şi încadrate corect, distribuiţia frecvenţei erorilor devine aproximativ gaussiană. Spre exemplu, pentru

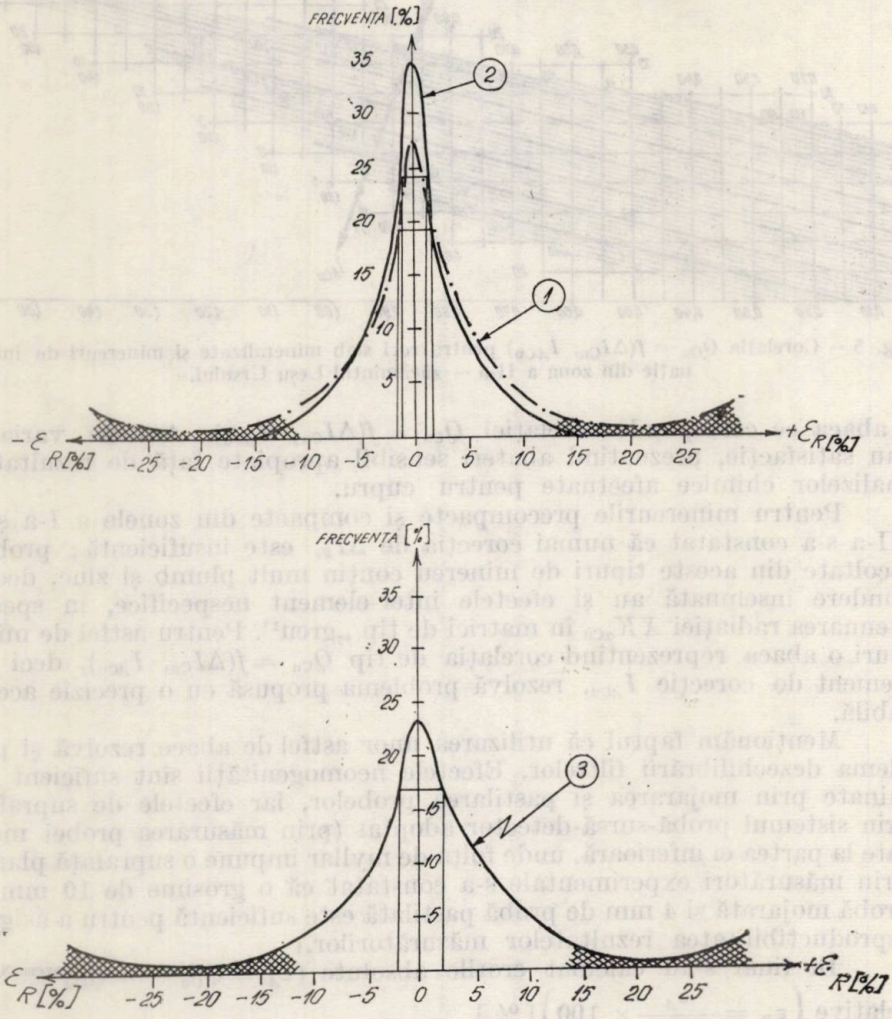


Fig. 6 — Reprezentarea curbelor de distribuţie ale frecvenţelor erorilor relative „ε_R" pentru rezultatele măsurătorilor de fluorescenţă X executate pe probe din zăcămîntul Leşu Ursului, în scopul determinării conţinuturilor în cupru.
1 — pentru roci slab mineralizate şi minereuri de impregnaţie din zonele a I-a şi a III-a.
2 — pentru minereuri compacte şi precompacte din zona a II-a.
3 — pentru întreg zăcămîntul.

minereurile compacte din zona a II-a 35 % din probe s-au măsurat cu ε_R sub 1 %, 66,7 % din probe cu ε_R sub 4 %, 88,3 % cu ε_R sub 7 % şi 99,7 % cu ε_R sub 10 %, numai două probe (probabil încadrate greşit în zonă) avînd ε_R peste 10 %. Pe total probe din zăcămîntul Leşu Ursului situaţia

frecvenței erorilor relative obținute la analizarea Cu prin metoda descrisă se prezintă astfel:

23,51% din probe cu ε_R sub 1%
20,02% din probe cu ε_R sub 4%
49,99% din probe cu ε_R sub 7%
85,94% din probe cu ε_R sub 10%
14,06% din probe cu ε_R peste 10% (probabil probe încadrate greșit sau având Q_{Cu} în zona limitei de detecție a metodei).

Pentru a se determina numai erorile proprii metodei de fluorescență X (deci fără a mai prelua în calcul și erorile aferente analizelor chimice) s-au calculat și erorile obținute la măsurătorile periodice efectuate timp de patru luni cu probele etalon (o măsurătoare de control la fiecare set de 10 probe).

S-a observat că metoda funcționează foarte bine la determinarea cuprului, zincului și fierului, dar defectuos pentru determinarea plumbului (datorită randamentului de fluorescență scăzut al radiației $XL_{\beta 1Pb}$ și prezenței arsenului ca element perturbant).

Prin modificarea sistemului de detecție al aparatului (realizarea unui sistem multifiltru cu filtre echilibrate pentru determinarea succesivă a Cu, Fe, Zn și Pb) a fost posibilă depășirea scopului propus inițial (analizarea cuprului). Probele s-au măsurat cu toate cele 4 perechi de filtre, în ambele variante (probe numai mojarate, probe pastilate). Sub rezerva că studierea rezultatelor obținute continuă, se vor prezenta pe scurt și unele din aceste rezultate.

În prima fază datele primare obținute la măsurătorile pentru Pb s-au prelucrat global (pentru întreg zăcămîntul), rezultînd abaca din figura 7, ce reprezintă corelația $Q_{Pb} = (I_{Pb}, I_{A_{Pb}})$.

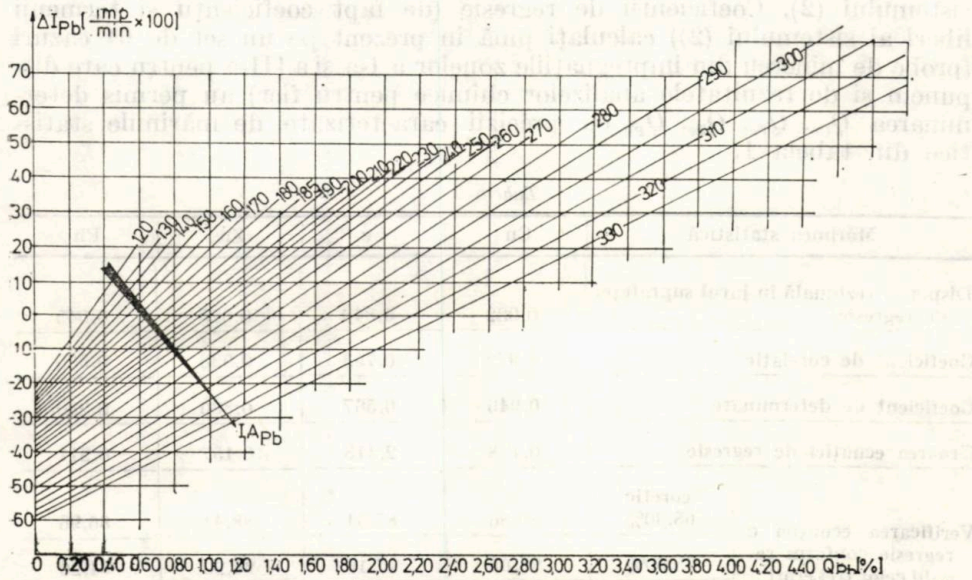


Fig. 7 — Corelația $Q_{Pb} = f(\Delta I_{Pb}, I_{A_{Pb}})$ pentru minereuri complexe din zăcămîntul Leșu Ursului.

S-a ales $I_{A_{Pb}}$ ca element de corecție deoarece arsenul, avînd discontinuitate de absorbție $K_{ab\,As} = 11{,}836$ KeV, absoarbe preferențial radiația $XL_{\beta 1}$ Pb $= 12{,}611$ KeV, excitîndu-se suplimentar $XK_{\alpha 1\,As} = 10{,}543$ KeV. Prin utilizarea abacei din figura 10, rezultatele la 65% probe au ε_R sub 10%, există însă și multe probe (circa 20%) la care ε_R depășește 15%. Limita de detecție pentru Pb, prin utilizarea în măsurători a radiației $XL_{\beta 1}$ și a perechii de filtre din As—Se, o estimăm deocamdată la 0,1—0,2% Pb.

Măsurătorile pentru Zn s-au efectuat cu perechea de filtre din Ni—Cu, pe linia $XK_{\alpha 1\,Zn} = 8{,}638$ KeV. Detecția acestui element este perturbată cel puțin de trei efecte interelement :

— o micșorare a lui ΔI_{Zn} prin consumarea parțială a radiației $XK_{\alpha Zn}$ pentru excitarea fierului ($K_{ab\,Fe} = 7{,}111$ KeV).

— o mărire a lui ΔI_{Zn} înregistrat ca urmare a înregistrării în „fereastra" perechii de filtre și a $XL_{\beta 1\,Cu} = 8{,}904$ KeV ($K_{ab\,Ni} = 8{,}980$ KeV, $K_{ab\,Cu} = 8{,}331$ KeV) și chiar a unor „cozi" din $XK_{\alpha Cu}$ și $XL_{\alpha Cu}$;

— o micșorare a lui ΔI_{Zn} înregistrat ca urmare a atenuării $XK_{\alpha 1 Zn}$ în probele cu matrice „grele".

S-a încercat rezolvarea problemei prin utilizarea succesvă a mărimilor ΔI_{Fe}, I_{AZn} și I_{BZn} ca elemente de corecție. În figura 8 se poate urmări o reprezentare grafică a corelației $Q_{Zn} = f(\Delta I_{Zn}, I_{AZn})$, pentru care pe 87% din probe s-au obținut conținuturi în zinc ce diferă față de analizele chimice cu sub 10%, celelalte înscriindu-se în limita de detecție a metodei (pe care o apreciem la 0,05% Zn).

Colectivul condus de matematician Lațcu Nicolae și fizician Pentiuc Gheorghe de la Centrul teritorial de calcul electronic Suceava lucrează în prezent la îmbunătățirea unui program de calcul prin care se simulează hipersuprafețe de regresie de gradul 4, pentru ecuațiile de regresie ale sistemului (2). Coeficienții de regresie (de fapt coeficienții și termenii liberi ai sistemului (2)) calculați pînă în prezent pe un set de 64 cazuri (probe de minereu din impregnațiile zonelor a I-a și a III-a pentru care dispunem și de rezultatele analizelor chimice pentru fier) au permis determinarea Q_{Cu}, Q_{Fe}, Q_{Ze}, Q_{Pb} cu precizii caracterizate de mărimile statistice din tabela 1.

Tabela 1

Mărimea statistică		Cu	Fe	Zn	Pb
Dispersia reziduală în jurul suprafeței de regresie		0,032	5,848	0,025	0,045
Coeficient de corelație		0,973	0,753	0,938	0,530
Coeficient de determinare		0,946	0,567	0,880	0,280
Eroarea ecuației de regresie		0,178	2,418	0,157	0,211
Verificarea ecuației de regresie conform regulii celor trei erori	Teoretic 68,30%	89,86	85,51	88,41	86,96
	95,50%	95,65	97,10	94,20	94,20
	99,75%	98,55	97,10	97,10	95,65

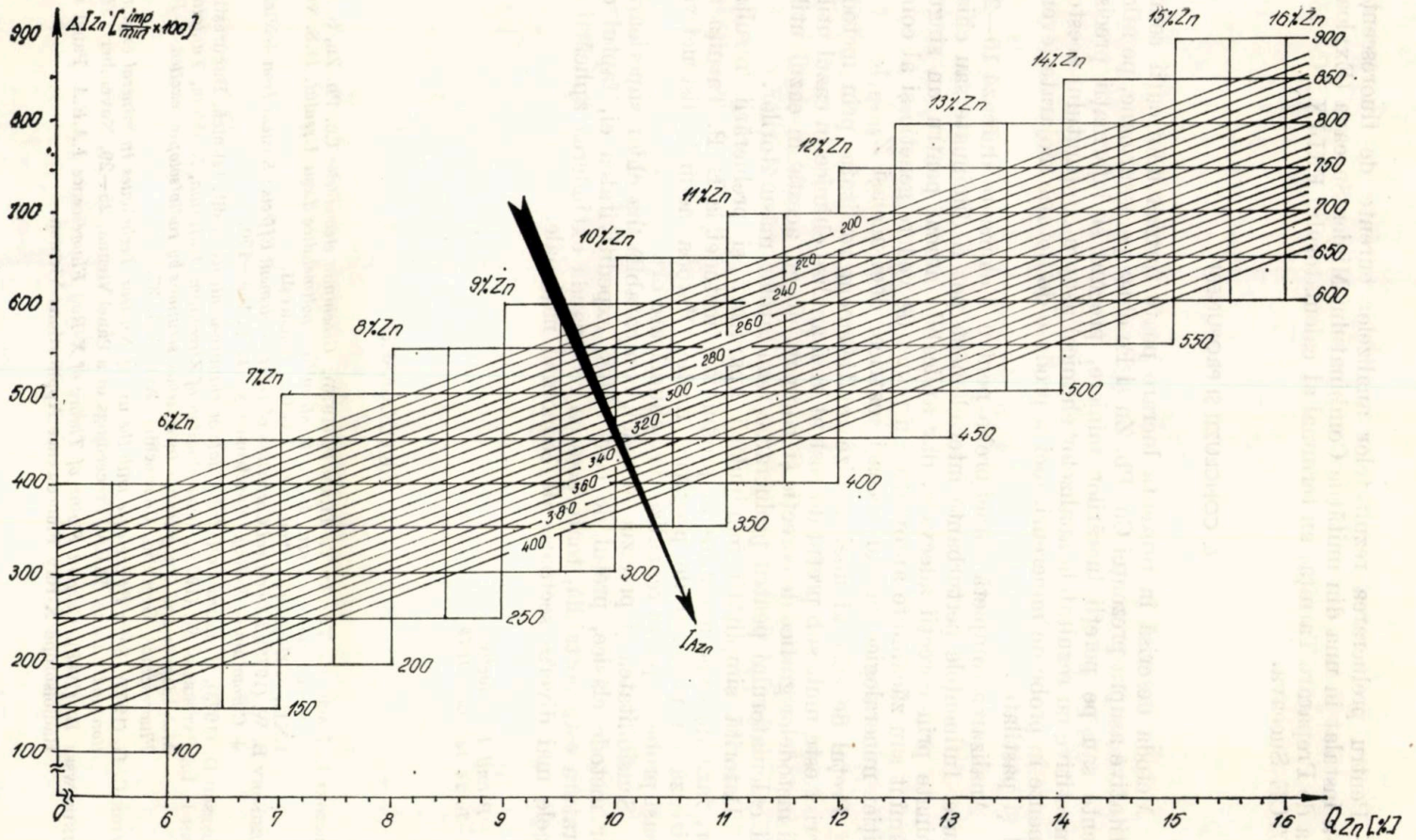


Fig. 8 — Corelația $Q_{Zn} = f(\Delta I_{Zn}, I_{A_{Zn}})$ pentru minereuri compacte bogate din zăcămîntul Leșu Ursului.

Pentru prelucrarea rezultatelor analizelor curente de fluorescență X s-a instalat în una din unitățile Combinatului Minier Suceava (Exploatarea de Preparare Tarnița) un terminal al calculatorului FELIX FC—256 al CTCE Suceava.

6. CONCLUZII ȘI PROPUNERI

Metoda descrisă în prezenta lucrare poate furniza informații semicantitative asupra prezenței Cu, Pb, Zn și Fe chiar pe eșantioane, pe aflorimente sau pe pereții lucrărilor miniere, precum și informații precise (competitive cu rezultatele analizelor chimice) asupra conținutului acestor elemente în probe de minereuri, roci și produse de flotație mojarate (eventual și pastilate).

Analizarea completă a unei probe pentru 4 elemente durează 10—20 minute. Influențele perturbante inter-element pot fi diminuate sau chiar eliminate prin corecții adecvate, dar aplicabile numai pentru un singur zăcămînt sau zăcăminte apropiate din punct de vedere genetic și al compoziției mineralogice (avînd aceeași matrice, deci același $Z_{efectiv}$).

Prețul de cost al unei analize multielement realizată prin metoda descrisă este mult sub prețul de cost al unei analize chimice în cazul utilizării metodelor grafice de corecție și comparabil cu acesta în cazul utilizării calculatorului pentru prelucrarea rezultatelor măsurătorilor.

Datorită simplității manipulării aparaturii și prelucrării rezultatelor, faza de experimentare în producție a metodei la E. P. Tarnița se realizează cu personal de pregătire medie. Metoda nefiind distructivă, aceeași probă se poate reanaliza de nenumărate ori.

Sensibilitatea și precizia metodei, comparabilă (ba chiar superioară) altor metode clasice, prețul de cost redus, expeditivitatea ei, faptul că aparatura este portabilă, toate acestea recomandă extinderea aplicării ei în cele mai diverse sectoare ale economiei naționale.

Primit la redacție
la 16 ianuarie 1979

BIBLIOGRAFIE

BALINTONI I., ISACHE C., ȚÎMPĂU T., TIHON P. (1976), *Geochimia elementelor* Cu, Pb, Zn, S, As *în zăcămîntul stratiform de pirită și sulfuri polimetalice Leșu Ursului.* D.S. vol. LXII, 1974—1975, tom. 2, I.G.G., București.

BUDESINSKY B. W. (1975), *Theoretical Correction of Inter — element Effects : System Iron + Nickel + Chromium — X-Ray.* Spectrometry, *4*, p. 166—170.

CEAUȘESCU D. (1973), *Tratarea statistică a datelor chimico-analitice,* Edit. tehnică, București.

CHANN F. L., PATTERSON W. (1973), *Determination of Zirconium, Hafnium, Niobium, Tantalum, Molybdenum and Tungstenum in aqueous solutions by radioisotopic, excited X-Ray Fluorescence.* Geochim. Cosmochim. Acta vol. 37.

CLAYTON C. G. (1975), *Some Experience with the use of Nuclear Techniques in mineral exploration and mining.* IAEA, Proceedings of a Panel Vienna, 25—29, November 1974.

DZIUNIKOWSKI B. (1968), *Current Status of Theory of X-Ray Fluorescence I.A.E.A.* Panel on Radioisotope X-Ray Fluorescence Applications Vienna.

FRIGIERI P., TRUCCO R., CARETTA E. (1975), *Analysis of Powdered Materyals by X-Ray Fluorescence — Spectrometry. Evaluations on Correction of the Interferences* X-Ray Spectrometry, **4**, 28—32.

GRABARI V., STANCIU I., DOBRE M. (1978), *Prospect analizor portabil de fluorescență X tip POXA — 4S.* (IFIN), București.

KRÄUTNER H. G. (1965), *Considerații genetice asupra zăcămintelor de sulfuri complexe din cristalinul Carpaților Orientali.* St. cerc. geol. geof. geogr., Ser. geol. **10**, *1*, p. 195—228.

ONCESCU M. AL. (1975), *Fizica.* Vol. 2, Edit. didactică și pedagogică, București, p. 191 — 202.

PETRULIAN N., STECLACI L., D. SANDU, OROVEANU F. (1966), *Studiu mineralogic și genetic al zăcământului polimetalic de la Leșu Ursului.* St. cerc. geol. geof. geograf., Ser. geol., **11**, *1*.

POP L. F. (1976), *Analize expeditive prin fluorescență X pentru determinarea concentrațiilor de cupru din mineralizații cuprifere.* St. cerc. geol. geof. geogr., Ser. geofiz., **1**, *14*.

TANEMURA T. (1968), *Radioizotope X-Ray Emission — its Cappability an Aslytical Technique and Application* I.A.E.A., Panel on Radioisotope X-Ray Fluorescence Applications, Vienna.

TERTIAN R. (1975), *A self-consistent Calibration Method for Industrial X-Ray Spectrometric* Analyses — X-Ray Spectrometry vol. 4, p. 52—61.

MÉTHODE RAPIDE D'ANALYSER À L'AIDE DE LA FLUORESCENCE X, LE CUIVRE CONTENU DANS LES ÉCHANTILLONS DE ROCHES ET MINERAIS PRÉLEVÉS DU GISEMENT DE LEȘU URSULUI

(RÉSUMÉ)

La méthode présentée dans cet ouvrage utilise le phénomène de fluorescence X provoqué par l'emploi d'une source radio-isotopique 238 Pu englobée à l'intérieur de l'appareil portable POXA—4S.

On a décrit surtout le mode d'éliminer les effets inter-élément pour divers types de minerais prélevés des trois zones du gisement de Leșu Ursului, en obtenant une métode rapide et pas chère pour déterminer le cuivre.

Le niveau d'approximation de la métode : au-dessous de 5% pour 65% des cas et au-dessous 10% pour 97,5% des cas (en comparaison des résultats des analyses chimiques).

30 DE ANI DE ÎNVĂŢĂMÎNT INGINERESC DE GEOFIZICĂ ÎN ROMÂNIA

DE

RADU BOTEZATU

Universitatea din Bucureşti

România este una dintre ţările cu o veche tradiţie în geofizica aplicată; mai mult decît atît, este una dintre primele ţări ale lumii în care activitatea în acest domeniu a fost iniţiată într-un organism de stat.

La sesiunea din 26 februarie 1975 organizată de către Academia Republicii Socialiste România împreună cu Ministerul minelor, petrolului şi geologiei pentru comemorarea împlinirii a 50 de ani de la înfiinţarea Secţiei de prospecţiuni a fostului Institut geologic al României, au fost evocate pe larg începuturile prospecţiunilor geofizice şi a carotajului geofizic al găurilor de sondă, dezvoltarea şi consolidarea acestor activităţi, direcţiile lor de afirmare pe plan naţional şi internaţional, şi au fost conturate perspectivele de viitor ale acestora, locul şi rolul pe care l-au ocupat şi îl ocupă în dezvoltarea economico-socială a ţării noastre, vasta şi rodnica activitate de punere în evidenţă a bogăţiilor minerale ale subsolului României.

Din nucleul, modest ca număr dar animat de un puternic entuziasm dublat de o competenţă şi o creativitate remarcabile, care şi-a început oficial activitatea la 1 ianuarie 1925 în cadrul Institutului geologic al României s-a născut, dezvoltat şi perfecţionat concepţia românească în geofizica aplicată, ale cărei trăsături caracteristice şi definitorii pot fi formulate, pe scurt, după cum urmează: pe de o parte, colaborarea strînsă între geofizică şi geologie şi, pe de altă parte, în cadrul geofizicii aplicate, o activitate paralelă şi echilibrată în cercetarea fundamentală ca şi în cea aplicativă de interes economic imediat.

Încă de la început, şi lucrul acesta s-a menţinut continuu şi este valabil şi astăzi, nivelul teoretic şi tehnologic al cercetărilor a fost comparabil cu cel pe plan mondial, iar cercetarea teoretică, diversitatea metodelor şi tehnicilor folosite, varietatea problemelor geologice rezolvate ca şi originalitatea soluţiilor, precum şi intensitatea cercetărilor, au fost şi au rămas de asemenea comparabile. Acest lucru s-a resimţit în mod deosebit după anul 1948 cînd, prin naţionalizarea principalelor mijloace de producţie, statul democrat popular a luat în mîna sa controlul şi dirijarea planică a întregii activităţi economico-sociale, în care prospectarea, explorarea şi exploatarea bogăţiilor subsolului patriei noastre reprezintă o latură de o importanţă deosebită. Astfel, după actul naţionalizării, prin grija statului şi prin specificul economiei socialiste, s-a deschis drumul unei intense dezvoltări în acest domeniu.

ST. CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 2, P. 313–320, BUCUREŞTI, 1979

Ţinînd în mod consecvent pasul cu progresul general, diferitele metode de cercetare al căror ansamblu constituie domeniul geofizicii aplicate, au fost implementate din punct de vedere cronologic, experimentate la condiţiile concret specifice ale subsolului patriei noastre, adaptate şi dezvoltate ulterior, după cum urmează : în 1927 magnetometria la sol şi electrometria ; în 1928 gravimetria cu balanţa de torsiune ; în 1931 carotajul geofizic al găurilor de sondă pentru hidrocarburi ; în 1934 seismometria cu înregistrare oscilografică, în ambele variante — de refracţie şi de reflexie — ; în 1936 gravimetria cu gravimetrul static ; în 1949 radiometria la sol şi în 1950 aeroradiometria ; în 1960 seismometria cu înregistrare analogică ; în 1961 aeromagnetometria şi prelucrarea automată a semnalului seismic ; în 1969 seismometria cu înregistrare numerică şi seismometria marină ; în 1971 aerospectrometria radiaţiei gamma ; în 1972 teledetecţia. Compararea acestor date cu ceea ce s-a realizat în alte părţi situează România, în toţi cei aproape 54 de ani de activitate în domeniul geofizicii aplicate, printre ţările care s-au menţinut permanent în primul eşalon din punctul de vedere al preluării progresului tehnic şi al utilizării acestuia.

Importanţa practică a folosirii geofizicii aplicate, succesele obţinute în ţara noastră ca şi perspectivele de dezvoltare în viitor ale acesteia care se întrezăreau, au făcut ca acest nou domeniu să se reflecte şi în pregătirea viitorilor ingineri de mine şi metalurgie de la Şcolile politehnice din Bucureşti şi Timişoara, încă din anii premergători celui de al doilea război mondial. Astfel, noţiuni de geofizică aplicată au fost introduse de T. P. Ghiţulescu în 1927 la Bucureşti în cadrul cursului de zăcăminte şi de V. Patriciu în 1931 în cadrul cursului de geologie economică, zăcăminte şi prospecţiuni la Timişoara ; în fine, primul curs independent de prospecţiuni geofizice a fost iniţiat la Bucureşti, fiind predat în 1936 de Sabba Ştefănescu.

Reforma învăţămîntului din anul 1948, reaşezînd întregul nostru învăţămînt pe baze noi în concordanţă cu necesităţile pregătirii de cadre pentru construirea socialismului în ţara noastră, a inclus şi un profil de pregătire inginerească în domeniul geofizicii aplicate.

De la început, învăţămîntul ingineresc de geofizică a fost conceput ţinînd cont de trei realităţi esenţiale :

a. Ca obiect de studiu, geofizica aplicată este intim legată de latura aplicativă a ştiinţelor geologice, avînd drept scop final punerea în evidenţă de noi acumulări de substanţe minerale utile în zăcăminte şi contribuind astfel la creşterea continuă şi diversificarea bazei de materii prime minerale a ţării noastre. Cum astfel de zăcăminte era de aşteptat să fie căutate la adîncimi din ce în ce mai mari, avînd caracter ascuns şi caracteristici diferite faţă de cele de suprafaţă sau situate la adîncimi mici dar cu manifestări la suprafaţă de care se poate lua act prin observaţii geologice directe, s-a ţinut cont că progresiv — după cum de altfel s-a şi întîmplat — ponderea din ce în ce mai mare în descoperirea unor astfel de zăcăminte va reveni metodelor indirecte printre care cele ale geofizicii aplicate vor juca un rol precumpănitor. Ţinînd cont de aceste elemente, s-a prevăzut ca în pregătirea viitorilor ingineri geofizicieni un loc important să-l ocupe disciplinele geologice, în deosebi sub aspectul cunoaşterii de către aceştia a legităţilor care controlează fenomenologic, evolutiv şi

constatativ structurile geologice actuale și acumulările de substanțe minerale utile legate de acestea.

b. Pe de altă parte, geofizica aplicată este în același timp legată de o serie de alte științe și anume :

Fizica, ale cărei legi fundamentale și fenomene fizice sînt folosite, în măsura în care acestea se regăsesc în comportamentul structurilor geologice sub forma cîmpurilor naturale pe care acestea le produc, sau ca răspuns la acțiunea unor cîmpuri fizice provocate de către noi în vederea studierii lor ; totodată, din această știință a fost preluată metodologia de investigație, ca și modelarea materială.

Matematica, prin modelarea logico-matematică îndeosebi sub forma ecuațiilor fizicii-matematice dar și a altor modele analitice sau de simulare aparținînd teoriei funcțiilor, calculului diferențial și integral, algebrei ecuațiilor liniare, transformărilor și formelor patratice, analizei vectoriale și tensoriale, sistemelor de funcții ortonormate, metodelor variaționale, teoriei probabilităților, teoriei funcțiilor de variabilă aleatoare și statisticii matematice, algebrei Boole, informaticii și metodelor moderne de calcul și de prelucrare automată la un grad ridicat de rafinament sau a unor mari volume de date primare, și altele.

Științele tehnice ca electronica, electrotehnica și radiotehnica, mecanica tehnică și construcții de mașini, foraj și tehnică minieră etc., prin echipamentele de lucru, aparatele și utilajele de teren și laborator a căror folosire judicioasă, întreținere și depanare ca și a cunoașterii posibilităților și limitărilor metrologice ori prin condițiile de lucru în sectorul explorării sau exploatării din industria extractivă, reprezintă de asemenea o latură strict necesară în pregătirea unui viitor inginer geofizician.

c. În sfîrșit, privită din interior, geofizica aplicată rămîne o ramură diferită, bine delimitată și individualizată, a geoștiințelor.

Această ramură, cu cele două domenii principale ale ei — prospecțiunea geofizică și carotajul geofizic al găurilor de sondă — are o fundamentare fizico-matematică distinctă, metodologia ei proprie de cercetare, metode și tehnici de lucru specifice, echipamente și aparatură de teren și laborator proiectate și realizate potrivit scopului lor de utilizare, forme de prelucrare și de valorificare a informațiilor caracteristice prin particularitatea lor și, în general, un cadru conceptual, de execuție și de contribuție științifică net diferit de al celorlalte ramuri de geoștiințe. Evident, aceasta trebuia să fie latura definitorie în pregătirea viitorului inginer geofizician.

Avînd la bază această concepție, primul plan de învățămînt elaborat a cuprins, pe lîngă disciplinele generale întregului învățămînt ingineresc din țara noastră, precum și cele la care ne-am referit la punctele *a* și *b*, următoarele discipline de specialitate care definesc profilul învățămîntului ingineresc de geofizică : *prospecțiuni gravimetrice* ; *prospecțiuni magnetice* ; *prospecțiuni electrice* ; *prospecțiuni radiometrice* ; *prospecțiuni seismice* ; *carotaj geofizic* ; *interpretarea geologică a măsurătorilor geofizice.*

Dintre cele șapte discipline de specialitate, primele șase corespund principalelor metode de investigație ale geofizicii aplicate. Ultima, respectiv interpretarea geologică a măsurătorilor geofizice, la a cărei conturare și consolidare o contribuție hotărîtoare a avut-o I. Gavăt, primul

titular al acestui curs, a fost concepută astfel încît să trateze problemele de legătură între geofizica aplicată și geologie în scopul descifrării pe cale indirectă a structurii geologice ascunse a subsolului și a îmbogățirii gradului de cunoaștere geologică a acestuia. Rod al concepției românești cu privire la locul și rolul geofizicii aplicate în contextul geoștiințelor și individualizată încă prin primul plan de învățămînt ingineresc de geofizică, interpretarea geologică a informațiilor geofizice s-a adîncit, diversificat și rafinat, devenind o veritabilă disciplină independentă în procesul de învățămînt pentru acest profil de pregătire inginerească. În legătură cu aceasta, este legitim să încercăm un sentiment de mîndrie, țara noastră fiind una dintre puținele țări din lume care are în prezent această disciplină în planul de învățămînt și posibil prima care a introdus-o în perioada respectivă.

Caracteristic pentru geofizica aplicată este ritmul extrem de accelerat al progresului tehnico-științific, evident cel mai accelerat în ansamblul geoștiințelor, precum și lărgirea continuă a frontierelor problematicii — atît geologice cît și ale geofizicii însăși — care se impune a fi rezolvată și pentru care au fost create mijloace din ce în ce mai rafinate. Cercetarea domeniului marin pentru descoperirea de noi rezerve de substanțe minerale utile — hidrocarburi și minereuri —, detectarea diferitelor tipuri de capcane pentru hidrocarburi sau gaze naturale situate la adîncimi mari ca și a mineralizațiilor metalifere situate la astfel de adîncimi, ca să nu le citățm decît pe acestea, sînt probleme majore ale progresului economic și social pentru care lărgirea continuă și diversificarea bazei de materii prime minerale reprezintă o necesitate stringentă și a căror rezolvare este de neconceput fără geofizica aplicată. În același timp, marinizarea activității geofizice, efectuarea determinărilor de cîmpuri fizice din aparate de zbor ca avioane și helicoptere, investigarea geofizică a găurilor de sondă cu adîncime pînă la 10 000 m în condiții de presiuni și temperaturi foarte mari, cercetările cosmice în care cîmpurile fizice determinate la suprafața Pămîntului reprezintă o componentă necesară, prelucrarea unor volume mari de informații și altele, au impus și vor impune în continuare găsirea de noi și noi soluții privind metodologia, metodele și tehnicile de proiectare, execuție, prelucrare și interpretare a informațiilor introduse în circuitul științific prin intermediul geofizicii aplicate. În esență, spectrul problematicii de rezolvat în acest profil cu pregătire inginerească devine din ce în ce mai larg, se diversifică și presupune un grad de rafinament din ce în ce mai înalt.

Conceput încă de la început ca un învățămînt dinamic de către slujitorii lui, învățămîntul de geofizică din țara noastră a încorporat „din mers" progresele înregistrate pe plan mondial în acest domeniu, a valorificat continuu experiența folosirii metodelor geofizice în țara noastră și contribuțiile importante aduse de toate generațiile de ingineri geofizicieni începînd cu prima promoție care a absolvit în anul 1952, precum și tendințele de dezvoltare care s-au manifestat în diferite etape. Acestea s-au reflectat în revizuirea, atunci cînd a fost cazul, a programelor analitice ale disciplinelor și ale planurilor de învățămînt adoptate.

Privind retrospectiv prin perspectiva celor 30 de ani care s-au scurs și comparînd planul actual de învățămînt cu cel inițial, ne apare că cele

șapte discipline „de specialitate" introduse la început trebuie să le considerăm acum, oricît de paradoxal sau de impropriu ar părea termenul pe care îl folosim, ca discipline „fundamentale de specialitate".

Pregătirea actuală în acest profil ingineresc cuprinde, pe lîngă aceste șapte discipline actualizate în conținut, alte patru discipline în planul ferm și anume : *fizica globului* ; *prospecțiuni geotermice*, atașate celor radiometrice și constituind în prezent o singură poziție de plan sub denumirea de *prospecțiuni radiometrice și geotermice* ; *electrotehnică, geoelectronică și aparataj geofizic* ; *geofizică inginerească.*

Tot în planul ferm, dar sub formă de discipline la alegere pe trei direcții de aprofundare în semestrele 8 și 9, mai figurează : *geofizică minieră* ; *interpretarea integrată a datelor de prospecțiuni și carotaj geofizic pentru hidrocarburi* ; *probleme speciale de geofizică inginerească* ; *proiectarea aparaturii geofizice.*

În fine, sub formă de disciplină facultativă, viitorii ingineri geofizicieni mai au posibilitatea să-și aprofundeze cunoștințele și într-o altă direcție și anume în *geofizica marină.*

Așadar, celor șapte discipline inițiale li s-au adăugat încă patru obligatorii, una pînă la două din alte patru la alegere și încă una facultativă.

Această adîncire și diversificare a pregătirii inginerești în geofizica aplicată este dublată de preocuparea de actualizare continuă a conținutului disciplinelor ca și a tematicii celorlalte forme de instruire și de cercetare proprie a studenților, printre care lucrările practice, proiectele de an, practica productivă, activitatea în cercurile științifice studențești și proiectele de diplomă reprezintă cele mai importante.

Aceasta este imaginea, prezentată în trăsăturile ei esențiale, a conținutului actual al învățămîntului ingineresc de geofizică din țara noastră.

Din punct de vedere organizatoric, această formă de învățămînt ingineresc s-a desfășurat în cadrul a diferite structuri, după cum urmează :

În anii 1948—1950, în „Secția de petrol, gaze și cărbuni, minereuri și minerale utile, geologie tehnică și hidrogeologie" a Facultății de geologie din Institutul de geologie și tehnică minieră ; în anul 1950, din singura secție a acestei facultăți s-au organizat trei, dintre care una a fost „Secția geofizică".

Din 1950 și pînă în 1955, secția geofizică a subzistat sub această denumire în Facultatea de geologie care a aparținut între 1951 și 1952 de Institutul de geologie și mine, iar din 1952 de Institutul de mine ; începînd din 1955 și pînă în 1957 cînd Institutul de mine din București a fost mutat la Petroșani, pregătirea în domeniul geofizicii aplicate s-a făcut în cadrul „Secției de prospecțiuni geologice și geofizice".

În perioada 1957—1960, locul geofizicii aplicate a fost în cadrul Facultății de geologie tehnică a Institutului de petrol, gaze și geologie, în „Secția de geologie tehnică". Din 1960 și pînă în 1969 a reapărut ca secție separată sub denumirea de „Secția prospecțiuni geofizice", pentru ca între 1969 și 1970 să fie înglobată în „Secția geologie inginerească", iar din anul 1970 și pînă în 1974 în „Secția inginerie geologică și geofizică".

Desființarea Institutului de petrol, gaze și geologie din București și înființarea Institutului de petrol și gaze din Ploiești în anul 1974 a

condus la încorporarea învățămîntului ingineresc de geofizică în Facultatea de geologie și geografie a Universității din București, secția în care s-a desfășurat și se desfășoară și în prezent pregătirea în acest domeniu păstrîndu-și denumirea de „Secția inginerie geologică și geofizică".

Aceste modificări de structură organizatorică, în ciuda continuității și a perfecționării de la an la an a pregătirii în domeniul geofizicii aplicate, s-a reflectat și în titlurile acordate absolvenților ca și în repartizarea lor în producție, acestea fiind — după caz — acela de inginer geofizician, inginer geolog sau inginer geolog-geofizician.

Inginerii cu pregătire în domeniul geofizicii aplicate în acești 30 de ani care s-au scurs, indiferent de titlul pe care l-au obținut, însumează un total de 609, din care 519 cetățeni români și 90 cetățeni străini aparținînd la 20 de state din Europa, Africa, Asia și America de Sud (Republica Algeriană Democratică și Populară; Angola; Birmania; Bolivia; Republica Populară Bulgaria; Burundi; Imperiul Centrafrican; Republica Democrată Populară Coreeană; Cuba; Republica Democrată Germană; Grecia; Guineea; Indonezia; Irak; Maroc; Siria; Sudan; Tanzania; Republica Socialistă Vietnam; Republica Democrată Populară Yemen).

Învățămîntul ingineresc de geofizică din România a mai contribuit la specializarea a 6 diplomați cetățeni străini din 5 țări (Egipt, Guineea, Peru, Thailanda și Grecia) și și-a adus contribuția la Cursul internațional postuniversitar de geologia, prospecțiunea, explorarea și ingineria zăcămintelor de petrol și gaze care a funcționat în țara noastră sub egida UNESCO în perioada 1965—1967. De asemenea, prin cursuri postuniversitare organizate în anii 1973 și 1974 la specializarea prin această formă a 26 ingineri geofizicieni români.

Perfecționarea prin doctorat a constituit de asemenea o latură importantă a învățămîntului ingineresc de geofizică. Au obținut titlul de doctor, pînă în prezent, prin acest învățămînt, un număr total de 26 diplomați din care 16 cetățeni români și 10 cetățeni străini originari din Egipt, India, Kuwait, Siria și Republica Socialistă Vietnam.

Dacă la cei 16 doctori români adăugăm și pe cei 7 care au obținut acest titlu în afara învățămîntului ingineresc de geofizică dar care activează fie în acest învățămînt, fie în unități de cercetare sau producție cu profil de geofizică, obținem un total de 23 din care 8 au obținut și titlul superior de doctor docent în științe.

Pentru a întregi imaginea perfecționării prin doctorat, precizăm că pe metodele geofizicii aplicate repartiția este următoarea : 7 în gravimetrie, 3 în magnetometrie, 5 în radiometrie, 6 în electrometrie, 11 în seismometrie și 1 în carotajul geofizic al găurilor de sondă.

La capătul acestei succinte evocări a inițierii și dezvoltării învățămîntului ingineresc de geofizică din România, cîteva aspecte ni se par demne de accentuat în mod deosebit :

— Acest profil de învățămînt ingineresc își are rădăcinile în tradiția cercetării și utilizării practice a geofizicii aplicate în țara noastră, astfel încît s-a născut, consolidat, dezvoltat și perfecționat într-o concepție proprie, românească. Preluînd pe parcurs ceea ce a reprezentat progres în dezvoltarea pe plan mondial și valorificînd contribuțiile și experiența

națională, acesta a devenit o componentă organică a activității generale în domeniul geofizicii aplicate din țara noastră.

— Prin acest profil de învățămînt ingineresc a fost pregătit numărul necesar de specialiști, de la ingineri diplomați la doctori; punîndu-se accentul pe solide cunoștințe fundamentale și profesîndu-se un învățămînt de specialitate cu o largă deschidere spre nou, cadrele pregătite în acest profil au făcut față cu succes problemelor din ce în ce mai dificile de rezolvat și s-au adaptat fără dificultăți progresului din ce în ce mai accelerat și metodelor, tehnicilor de lucru, aparaturii, prelucrării și interpretării informațiilor geofizice din ce în ce mai rafinate care caracterizează dezvoltarea în domeniul geofizicii aplicate. Toate acestea s-au reflectat într-o vastă și eficientă contribuție pe care inginerii geofizicieni au adus-o la creșterea și diversificarea bazei de materii prime minerale și, prin aceasta, la progresul social-economic continuu în procesul construirii socialismului în patria noastră. Pe de altă parte, printr-o participare de asemenea eficientă pentru partea română și competitivă în confruntarea cu organizații de tradiție și prestigiu ale unor state avansate, în acțiunile de cooperare internațională — fie execuție de lucrări, fie asistență tehnică — pe care țara noastră le-a întreprins în Africa și Asia.

— Prin întreaga pregătire și, mai ales, prin temele proiectelor de diplomă, învățămîntul ingineresc de geofizică a reprezentat încă de la început un canal important prin care s-au transmis și implementat metode, tehnici și variante noi în activitatea practică din acest domeniu.

— Învățămîntul ingineresc de geofizică a adus o contribuție notabilă la formarea de ingineri precum și la perfecționarea pregătirii prin specializare sau doctorat pentru un număr important de cetățeni străini originari din țări în curs de dezvoltare, care onorează prin realizările lor școala românească de geofizică aplicată.

— Prin cercetarea proprie a cadrelor didactice din învățămîntul ingineresc de geofizică au fost aduse contribuții importante atît în latura fundamentală a cercetării cît și în cea aplicativă. Spectrul problemelor rezolvate și ale soluțiilor originale obținute și introduse în patrimoniul științific nu numai românesc dar și internațional este greu de prezentat în cîteva cuvinte. Este, credem, suficient să amintim că teoria stratificației orizontale pe baza căreia s-au dezvoltat prospecțiunea și carotajul electric prin rezistivități, metoda emițătorilor încrucișați, teoria centrilor alfa, rezolvarea numerică a ecuațiilor prospecțiunii electrometrice pentru terenuri nestratificate cu variație discontinuă a conductivității și elaborarea unui procedeu pentru calculul efectului reliefului în electrometrie, conturarea și dezvoltarea interpretării geologice a informațiilor geofizice ca un domeniu distinct al geofizicii aplicate, elaborarea și implementarea de noi procedee de analiză și interpretare fizico-matematică în gravimetrie și magnetometrie etc. sînt rodul gîndirii creatoare a cadrelor didactice din învățămîntul românesc de geofizică aplicată. Prezența din ce în ce mai activă a acestor cadre prin convenții, colaborări externe, contracte, colaborări în echipe mixte cu alte cadre din organismele de cercetare sau producție, antrenarea studenților cu reale aptitudini pentru cercetare în astfel de forme de activitate, s-a concretizat prin contribuții notabile la rezolvarea unor probleme importante, de mare interes pentru dezvoltarea economiei noastre naționale; acestea privesc soluții interpretative

noi sau îmbunătăţite legate de creşterea rezervelor de substanţe minerale utile, studii de caz în diferite situaţii de interes pentru industria extractivă, studii de amplasament pentru mari obiective de investiţii industriale sau civile şi altele.

— În fine, nu putem să nu constatăm cu legitimă satisfacţie că în domeniul geofizicii aplicate, învăţămîntul, cercetarea şi producţia au fost încă de la început legate prin relaţii strînse. Conceptul integrării, promovat în ţara noastră, a adîncit şi perfecţionat aceste legături prin noi şi noi forme care le-au ridicat pe o treaptă superioară. În domeniul geofizicii aplicate din România, cadrele didactice, cercetătorii şi inginerii din unităţile productive reprezintă o familie — nu foarte numeroasă dar unită — cu legături solide atît pe plan profesional cît şi, de ce să nu o spunem, şi pe plan personal, în care schimbul de informaţii — prin contacte directe sau oficiale — este întotdeauna în dublu sens.

Este o mîndrie pentru noi să constatăm frecvent că absolvenţii acestui învăţămînt nu au uitat şcoala în care s-au format şi pe slujitorii ei; acest lucru este valabil nu numai pentru inginerii sau doctorii români ci, în bună parte, şi pentru cetăţenii străini.

Şi cu această ocazie, ca de altfel în orice clipă a vieţii fiecăruia dintre noi, evocarea trecutului nu poate fi desprinsă de trăirea prezentului şi de anticiparea viitorului. Păşind în cel de al patrulea deceniu de existenţă, învăţămîntul ingineresc de geofizică din România se va perfecţiona în continuare în cadrul întregului sistem al învăţămîntului tehnic superior din ţara noastră ca şi al tradiţiei proprii, pentru a duce mai departe nobila sa misiune încredinţată de către Partidul şi Statul nostru de a forma cadre cu pregătire modernă şi cu o largă deschidere spre viitor, care să-şi aducă o contribuţie activă, eficientă şi creatoare la ridicarea patriei noastre pe noi şi noi trepte de progres şi civilizaţie.

Primit la redacţie
la 9 februarie 1979

VIAȚA ȘI ACTIVITATEA LUI NICOLAE D. MILEA (1922 – 1959)

Se împlinesc anul acesta, la 31 iulie, 20 de ani de cînd s-a stins din viață un coleg prețuit și înzestrat cu cele mai delicate daruri ale omeniei, lăsînd în urma lui multă tristețe.

Nicolae D. Milea s-a născut în București, la 29 iulie 1922, a urmat școala primară (1929—1933) și cursurile liceale la liceul Gh. Lazăr (1933—1941) și apoi cursurile facultății de științe ale Universității din București obținînd în anul 1947 diploma de licență în fizico-chimice.

În 1948 este angajat în calitate de fizician la Institutul geologic al României, fiind repartizat de la început, la Observatorul geofizic de la Surlari condus atunci de dr. Liviu Constantinescu. Aici, își va duce întreaga activitate profesională și științifică, pînă la sfîrșitul vieții.

Observatorul geofizic Surlari, avea ca preocupare de bază înregistrarea și studiul complex al cîmpului geomagnetic. Se efectuau, atunci, ca și în prezent, determinări absolute (pentru elementele H, D și I), și se înregistrau continuu, cu magnetografe, elementele Z, H și D, ca valori de utilitate imediată pentru prospecțiunea magnetometrică (reducerea datelor de teren cu așa-numita „corecție de variație diurnă). Pe baza acestor înregistrări se inițiaseră studii privitoare la variația în timp a cîmpului geomagnetic, precum și la unele particularități ale acestei evoluții, ca începuturile bruște de furtuni magnetice, golfuri geomagnetice etc. Aceste aspecte constituiau cadrul de lucru în care a pătruns tînărul fizician, dornic să se desăvîrșească permanent, pentru a deveni un geofizician destoinic și util. Cei din preajma lui, majoritatea pe atunci ingineri de mine și metalurgie, îi admirau rîvna de a pătrunde pînă în detalii tainele ramurilor de fizică și matematică implicate în cercetarea geofizică. Adesea, își analizau cinstit limitările și se bucurau unii pentru alții ori de cîte ori constatau scurtarea neștiinței. Le-au fost de mare ajutor și „cursurile de geofizică" organizate de mai vîrstnicii lor (Gh. Demetrescu, Gh. Atanasiu, Sabba Ștefănescu, N. Oncescu, Liviu Constantinescu, A. Iacovache), audiate timp de doi ani, în majoritatea cazurilor în localul Universității din București, și unde Nicolae D. Milea umplea cu notițe caiet după caiet.

Nicolae D. Milea a fost printre primii care își doreau perfecționarea și prin doctorat. Așa s-a născut și conturat în mintea lui, domeniul de studiu care să-i permită lucrări de interes și care să-l conducă la obținerea titlului de doctor. Domeniul pe care și-l visa ca o preocupare majoră pentru toată viața, a fost studiul curenților telurici. A pornit o muncă plină de trudă și de greutăți inerente oricărui început, dar a trăit satisfacția comparării și analizării, la noi, a primelor telurograme și magnetograme înregistrate pentru ambele cîmpuri, în aceleași intervale de timp.

ST- CERC. GEOL., GEOFIZ., GEOGR., GEOFIZICĂ, TOM 17, NR. 2, P. 321—324, BUCUREȘTI, 1979

Instalaţiile pentru înregistrarea curenţilor telurici de la Observatorul geofizic Surlari, au constituit primul pas de diversificare a activităţii geofizicii fundamentale, primul din şirul care a urmat şi care situează acest loc de muncă şi creaţie, la loc de cinste printre unităţile de cercetare de acelaşi fel din lume.

După dispariţia din viaţă a lui Nicolae D. Milea, actualul conducător al Observatorului geofizic Surlari, ing. Andrei Soare, a descoperit în biroul lui de lucru, semnalele unui aspect nou şi inedit de preocupare ştiinţifică din ultimii săi ani, ai puţinilor ani ce i-au alcătuit viaţa. Numeroasele fişe bibliografice, extrase din articole traduse şi transcrise cu scrisul său ordonat, precum şi o serie de notiţe şi grafice întocmite pe baza unui vast material de observaţie şi de corelare a unor date specifice de înregistrare de la Surlari, cu date ale Institutului meteorologic central, indică dorinţa susţinută de abordare a problemei de frontieră privind „influenţa curenţilor din atmosfera înaltă asupra curenţilor ionosferici care produc unele tipuri de variaţii geomagnetice şi în primul rînd variaţia diurnă solară". Notiţele găsite dezvăluie existenţa unei ciorne de proiect de lucrare în care s-ar fi prezentat primele concluzii ale cercetării întreprinse. O altă latură rămasă inedită, aşa cum rezultă din numeroasele fişe de calcul existente, este aceea de punere în evidenţă a variaţiei geomagnetice diurne unară înregistrată la Surlari.

Andrei Soare, care şi-a parcurs primii ani de ucenicie la Observatorul geofizic Surlari, alături de fostul lui asistent, Nicolae D. Milea, îşi reaminteşte, cu admiraţie, de îndemînarea lui tehnică, de siguranţa intervenţiilor sale la ajustarea sau depanarea instrumentelor fine şi preţioase cum sînt dispozitivele de înregistrare magnetică şi telurică sau cele pentru măsurători absolute, precum şi mai ales, de răbdarea, migala şi perseverenţa de care era în stare la rezolvarea acestor operaţii sau la realizarea unui experiment care solicita multe ore în şir, cu săriri peste mese şi odihnă.

După înfiinţarea Institutului de geologie şi tehnică minieră, Nicolae D. Milea este cuprins în grupul de specialişti destinaţi a deveni şi cadre didactice. Numit asistent la cursul de prospecţiuni gravimetrice, magnetice şi radiometrice, al cărei titular devenise cu grad de conferenţiar, Dr. Liviu Constantinescu, el îşi continuă activitatea, ca asistent şi la Cursul de geomagnetism şi prospecţiuni magnetice.

În această perioadă, Nicolae D. Milea îşi împarte activitatea de cercetător de la Observatorul geofizic Surlari, cu aceea de cadru didactic. Recunoştea că, uneori, în perioadele de vîrf, puterile îl depăşeau şi că îl întristează trecerea prea repede a anilor care nu-l lasă să-şi concretizeze planuri supuse la amînări continui. Lucrările de laborator şi orele de curs au rămas vii prin claritatea şi calda lor expunere, în memoria primelor promoţii de ingineri geofizicieni. Erau ore pregătite cu minuţiozitate, pînă la cel mai mic detaliu.

Rigoarea pe care şi-a impus-o şi disciplina pe care i-o inspirau profesorii care îl înconjurau, se reflectă în micul şi condensatul manual de *Elemente de geomagnetism*, publicat în anul 1959, de Editura tehnică, seria „Biblioteca Societăţii de Ştiinţe Matematice şi Fizice din R.P.R.". În cele patru capitole ale manualului (Elementele cîmpului magnetic terestru şi variaţiile lui; Metode şi aparate pentru măsurarea elementelor

cîmpului magnetic terestru ; Cîmpul magnetic terestru ; Aplicațiile practice ale magnetismului terestru) își au loc, fapt care frapează pe oricine, toate problemele elementelor clasice și moderne ale geomagnetismului.

Scrisă clar, în stil didactic și academic totodată, lucrarea, prima de acest tip în literatura geofizică de specialitate din România, a fost primită cu mult interes de toți geofizicienii, mai ales de cei tineri care găseau în ea un bogat material de informare și de punere la punct într-un domeniu vast în care, angajați direct, erau foarte puțini.

Tot ca un ecou al activității didactice este și lucrarea în care sînt prezentate aspecte noi în prospecțiunea radiometrică a zăcămintelor de minereuri și cărbuni (1956).

După trecerea în revistă a stadiului în care se găsea metoda prospecțiunii radiometrice (ca aparataj, tehnici de teren și mijloace de interpretare a datelor) și a cauzelor care îi deschideau calea trecerii din grupa metodelor geofizice „minore" în aceea a metodelor „majore", lucrarea se încheie cu mai multe considerații de ordin general, deosebit de judicioase, care definesc perspectivele radiometriei la prospectarea zăcămintelor de minereuri și cărbune.

Este de amintit și scurta lui activitate oficială la Institutul de fizică al Academiei R.P.R. Aici a funcționat în calitate de „referent științific", în cursul anilor 1950—1953, fiind angajat în următoarele două teme de cercetare : 1) Determinarea valorilor absolute ale elementelor geomagnetice într-o stațiune de bază, ca elemente de referință în R.P.R. și 2) contribuții la studiul relațiilor dintre curenții telurici și variațiile cîmpului magnetic terestru.

Primele două lucrări publicate în colaborare, prezintă rezultate parțiale ale unei activități de teren de mai multe campanii constînd în determinarea de valori absolute ale elementelor cîmpului geomagnetic (D, H și I) într-o rețea largă, compusă din 21 de stații de repetare la doi ani, extinsă pe întreg teritoriul țării. Aceste măsurători aveau un dublu scop științific : primul, de a stabili relații analitice avînd ca punct de referință Observatorul geofizic Surlari, pentru distribuția normală a elementelor cîmpului geomagnetic, necesare prospecțiunii magnetice pentru aplicarea „reducerii de cîmp normal", în vederea redactării de hărți cu anomalii magnetice ; secundul, pentru stabilirea cantitativă a variației seculare a acestor elemente, utilă pentru „reducerea la aceeași epocă" a determinărilor magnetice efectuate într-un interval lung de timp. Prima lucrare publicată se referă la disitribuția normală a declinației magnetice pe teritoriul R.P.R. (1954) ; cea de a doua, la distribuția normală a înclinației magnetice (1955). Relația analitică pentru distribuția normală a componentei orizontale a fost publicată în mai multe lucrări ulterioare.

Ca o continuare a acestei activități, Nicoale D. Milea împreună cu un colectiv tînăr și restrîns, în anii 1957—1959 a reluat activitatea de măsurători absolute într-o rețea mai deasă de stațiuni pe teritoriul național din fața Carpaților. Determinările elementelor magnetice absolute (D, H și I) au fost executate în 72 stații care acoperă teritoriile Dobrogei, Munteniei și a zonelor limitrofe din Oltenia și Transilvania. Lucrarea pentru teritoriul Dobrogei și estul Munteniei (1958) conține 9 hărți cu distribuția elementelor măsurate și calculate (D, H, I, Z și T), precum și pentru distribuția anomaliei lor (D, H, I și Z). Lucrarea pentru teri-

toriul Munteniei şi zonelor limitrofe din Oltenia şi Transilvania (1963), este însoţită numai de patru hărţi, pentru distribuţia elementelor *D*, *H*, *I* şi *Z*. Să menţionăm că în ambele lucrări se fac consideraţii calitative cu privire la variaţia seculară a cîmpului geomagnetic pentru teritoriile cercetate.

Din domeniul îndrăgit de Nicolae D. Milea, curenţii telurici, beneficiem de o singură lucrare publicată în colaborare (1955) ca introducere la seria de lucrări ce se anunţau în mod firesc. Din expunere se detaşează grija avută pentru principalele condiţii necesare unei bune înregistrări de curenţi telurici, precum şi ameliorările avute în vedere pentru înregistratorul existent (înlăturarea rezidului perturbator şi asigurarea studierii fenomenlor de durată mai lungă). Cele cîteva perturbaţii în golf înregistrate în 1954, sînt comparate cu golfurile magnetice corespunzătoare. Este scoasă în evidenţă o serie de regularităţi morfologice ale ambelor cîmpuri fizice şi se dau explicaţii calitative în cadrul concepţiilor existente privind fenomenul studiat.

Nicolae D. Milea ne-a dovedit, prin purtarea fără de reproş şi prin realizările sale, că ridicase munca la valoarea unui cult şi că acel cult îi conferea tăria, frumuseţea şi caracterul fiinţei sale umane. A fost animat, în adînca lui conştiinţă de dorinţa perfecţionării neîncetate, dar şi de focul îndoielii că realizările sale puteau fi făcute şi mai bine.

Stingerea din viaţă la numai 11 ani de activitate geofizică, pune capăt nedrept unui destin neîmplinit decît în mică măsură pe tărîm ştiinţific. Din cele cîteva lucrări publicate în colaborare sau de unul singur, se detaşează potenţe de care geofizica românească a fost realmente păgubită. Moartea i-a adus liniştea deplină şi nesfîrşită. Dar nu şi tăcerea. Sămînţa pe care a aruncat-o cu dragoste şi dăruire a rodit şi va rodi cu anii în sforţările muncii altora şi toţi cei de acum şi cei care vor veni, se vor apropia de zestrea ce le-a lăsat-o, cu înţelegere şi cu respectul ce i se cuvine.

Ştefan Airinei

LUCRĂRI PUBLICATE

1954 — *Contribuţii la studiul cîmpului geomagnetic normal.* II. *Distribuţia normală a valorilor declinaţiei magnetice în R.P.R.* Acad. R.P.R., Stud. cerc. fiz., **5**, *1—2*, 85—89, Bucureşti (în colaborare cu L. Constantinescu şi P. Constantinescu).

1955 — *Contribuţii la studiul cîmpului geomagnetic normal.* III. *Distribuţia normală a valorilor înclinaţiei magnetice în R.P.R.* Acad. R.P.R., Stud. cerc. fiz., **6**, *3*, 451—457, Bucureşti (în colaborare cu L. Constantinescu).

— *Contribuţii la studiul curenţilor telurici.* I. *Amplasamentul şi sistemul de înregistrare.* Acad. R.P.R., Bul. ştiinţ. Secţ. ştiinţ. mat. fiz., **7**, *3*, 803—817, Bucureşti (în colaborare cu L. Constantinescu).

1956 — *Aspecte noi în prospecţiunea radiometrică a zăcămintelor de minereuri şi cărbune.* Rev. minelor, **VII**, *9*, 414—417, Bucureşti.

1959 — *Valori magnetice absolute în Dobrogea şi estul Munteniei (valabile pentru 1957, 5).* Acad. R.P.R., Stud. cerc. geol., **4**, *1*, 163—183, Bucureşti (în colaborare cu V. Ştefl ea şi Ligia Ştefl ea).

— *Elemente de geomagnetism.* Edit. tehnică, Biblioteca Soc. Ştiinţ. Mat., Fiz. din R.P.R., nr. 34, Bucureşti (148 pagini cu 58 figuri text şi planşe).

1963 — *Valori magnetice absolute în Muntenia şi zonele limitrofe din Oltenia şi Transilvania. (valabile pentru 1957, 5).* Probleme de geofizică, II, 163—178, Edit. Acad. R.P.R., Bucureşti, (în colaborare cu V. Ştefl ea şi Ligia Ştefl ea).

HARS K., GUPTA şi B. K. RASTOGI, Baraje şi cutremure, Elsevir, Amsterdam—Oxford—New York, 1976 (XVI + 229 pag., 116 fig.)

Lucrarea constituie al 11-lea volum din seria „Noutăţi în ingineria geotehnică" a prestigioasei edituri Elsevier. Cartea se ocupă de unul din cele mai noi şi atractive domenii ale seismologiei, seismicitatea indusă, fiind prima carte dedicată acestui subiect.

Seismicitatea indusă (artificială) a ajuns să incite o atenţie deosebită din partea seismologilor, geologilor şi inginerilor constructori, fiind organizate cîteva reuniuni ştiinţifice internaţionale pe această temă, iar UNESCO instituind chiar un Grup de lucru care a studiat implicaţiile teoretice şi practice ale acestei probleme. Numărul lucrărilor dedicate acestei probleme creşte vertiginos iar autorii au reuşit să facă o lucrare care să asambleze şi comenteze, în mod detaliat, toate observaţiile acumulate în lume.

Cartea cuprinde 7 capitole şi un cuvînt înainte, semnat de eminentul seismolog profesorul J. P. Rothé, în care se face un concis dar autoritar istoric al seismicităţii induse.

Autorii volumului sînt doi binecunoscuţi specialişti care au adus importante contribuţii în problemele seismicităţii induse.

După o introducere generală în subiect, prezentată în capitolul întîi, urmează, în capitolul doi o trecere în revistă a parametrilor şi efectelor macroseismice ale cutremurului de la Koyna, India, din 10 dec. 1967, poate cel mai studiat cutremur indus de un lac de acumulare. În al treilea capitol se face o prezentare din punct de vedere geologic, hidrologic şi seismologic a tuturor amplasamentelor, cunoscute, de seisme induse. Urmează, în capitolul patru, o descriere a caracteristicilor seismicităţii induse : relaţii magnitudine — frecvenţă, distribuţia temporală a preşocurilor şi replicilor, scheme de preşocuri-replici, mecanismul în focar etc. În continuare, capitolul cinci prezintă procedeele de estimare a tensiunilor induse, de încărcare datorată unui lac, în scoarţa terestră. În capitolul al şaselea se abordează mecanismul declanşării cutremurelor artificiale prezentîndu-se cercetările teoretice şi de laborator cu privire la efectele presiunii interstiţiale în producerea rupturilor de forfecare precum şi rolul jucat de presiunea fluidă crescută în declanşarea cutremurelor de către lacurile de acumulare şi injecţia de fluide, sub presiune, în scoarţă. În capitolul al şaptelea se fac recomandări cu privire la cercetările ce trebuiesc făcute la amplasarea barajelor, precum şi cu privire la supravegherea seismică a marilor lacuri de acumulare. De asemenea se avansează cîteva comentarii cu privire la lacurile aseismice. Cartea este completată cu o abundentă bibliografie care însă se opreşte la nivelul anului 1974 şi cu un util indice pe autori şi subiecte.

Prin bogatul material prezentat pentru prima dată unitar şi sistematic, cartea este utilă seismologilor, geologilor, inginerilor constructori sau studenţilor ca un preţios instrument de documentare în captivantul domeniu al seismicităţii induse.

Vasile I. Mârza

REVISTE PUBLICATE ÎN EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

STUDII ŞI CERCETĂRI DE GEOLOGIE, GEOFIZICĂ ŞI GEOGRAFIE

- GEOLOGIE
- GEOFIZICĂ
- GEOGRAFIE

REVUE ROUMAINE DE GÉOLOGIE, GÉOPHYSIQUE ET GÉOGRAPHIE

- GÉOLOGIE
- GÉOPHYSIQUE
- GÉOGRAPHIE

REVISTA STUDII ŞI CERCETĂRI DE GEOLOGIE, GEOFIZICĂ ŞI GEOGRAFIE– GEOFIZICĂ

publică studii şi cercetări originale, comunicări şi note din domeniile :

- gravimetrie,
- seismologie şi prospecţiuni seismice,
- fizica atmosferei şi meteorologie,
- geomagnetism şi aeronomie,
- electrometrie,
- prospecţiuni geofizice.

NOTĂ CĂTRE AUTORI

Manuscrisele se vor preda în două exemplare dactilografiate la două rînduri, iar formulele vor fi scrise clar şi citeţ cu cerneală specificîndu-se pe margine sau cu sublinieri de diferite culori caracterele de literă sau semnele speciale. Nu se admit decît cel mult două corecturi la o coală dactilografiată. Fiecare exemplar va fi însoţit de figuri şi grafice, care se vor desena în tuş pe hîrtie de calc, de explicaţia figurilor, de tabele şi bibliografie. Indicaţiile bibliografice se vor da în următoarea ordine : numele complet al autorului, titlul revistei, tomul, numărul pagina, anul (între paranteze). Pentru cărţi se vor da : titlul integral, editura, locul şi anul de apariţie.

LUCRĂRI APĂRUTE ÎN EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

FLORIAN MARINESCU, **Stratigrafia neogenului din vestul Bazinului Dacic**, 1978, 156 p., 34 fig., 6 pl., 17 lei.

*** (sub redacția S. Ștefănescu, G. Murgeanu, V. Mihăilescu), **Istoria științelor în România. Geologia, geofizica, geodezia geografia**, 1977, 324 p., 15 lei.

MIHAI CIOBANU, **Fauna fosilă din oligocenul de la Piatra Neamț** 1977, 160 p., 48 pl., 22 lei.

V. IANOVICI ș.a. **Geologia Munților Apuseni**, 1976, 743 p., 40 pl. 55 lei.

ION PETREUȘ, **Pirita sedimentară**, 1976, 134 p., 11 lei.

MIHAI BĂLAN, **Mineralogia zăcămintelor manganifere de la Iacobeni**, 1976, 124 p., 52 pl., 13,50 lei.

Atlasul Rpublicii Socialiste România Fascicula I, 1974, 8 pl., 200 lei Fascicula II 1975, 12 pl., 200 lei.

IULIAN GAVĂT, RADU BOTEZATU și MARIUS VISARION, **Interpretarea geologică a prospecțiunilor geofizice**, 1973 575 p., 9 pl., 41 lei.

1980 FEB 25

St. cerc. geol. geofiz., geogr., GEOFIZICĂ, T. 17, Nr. 2, P. 159—326, București, 1979

I.P.I. — c. 1440

43 867

Lei 40